This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

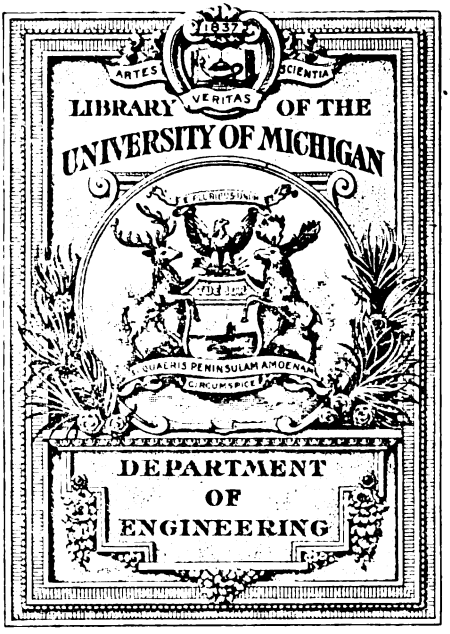
+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`

B 426874 DUPL


1837
ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE
DEPARTMENT
OF
ENGINEERING

TA
2
S68
ENGINEER
LIBR

SOCIÉTÉ

DES

INGÉNIEURS CIVILS

ANNÉE 1886

La Société n'est pas solidaire des opinions émises par ses Membres dans les discussions, ni responsable des Notes ou Mémoires publiés dans le *Bulletin*.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ

DES

INGÉNIEURS CIVILS

FONDÉE LE 4 MARS 1848

RECONNUE D'UTILITÉ PUBLIQUE PAR DÉCRET DU 22 DÉCEMBRE 1860

ANNÉE 1886

PREMIER VOLUME

PARIS

SIÈGE DE LA SOCIÉTÉ

10, CITÉ ROUGEMONT, 10

—

1886

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

JANVIER 1886

N° 1

Sommaires des séances du mois de janvier :

1° Installation des membres du bureau et du Comité. Discours de MM. de Comberousse et Hersent (séance du 8 janvier, page 8);

2° *Sautage des grosses mines*, observations de M. Brüll (séance du 8 janvier, page 34);

3° *Double pont-route Luiz Ier, construit sur le Douro, à Porto* (communication de M. Seyrig, séance du 22 janvier, pages 37 et 38);

Pendant le mois de janvier, la Société a reçu :

1° De M. Regray, membre de la Société, un exemplaire de l'*Album des diagrammes des locomotives et tenders* en service dans la Compagnie des chemins de fer de l'Est;

2° De M. Thiré, membre de la Société, un mémoire intitulé : *Éléments de statique graphique appliquée à l'équilibre des systèmes articulés;*

3° De M. Ch. Tellier, membre de la Société, un exemplaire de son mémoire sur le *Véritable Métropolitain*;

163373

4° De M. Vivarez, membre de la Société, un exemplaire de son ouvrage intitulé : *Notions générales sur l'éclairage électrique ;*

5° De M. Charles Joly, un exemplaire d'une note sur les *Eucalyptus géants de l'Australie ;*

6° De M. Osmond, membre de la Société, un exemplaire de sa *Théorie cellulaire des propriétés de l'acier ;*

7° De M. Boutmy Charles, membre de la Société, un exemplaire de son rapport sur la *Section A du Jury des groupes I et XI à l'Exposition du travail en 1885 ;*

8° De M. Vauthier, membre de la Société, deux exemplaires de son rapport sur l'*Assainissement de Paris.*

1° De M. J. Fleury, membre de la Société, un exemplaire d'un volume de M. Dartein, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, sur *la vie et les œuvres de M. Léonce Reynaud.*

2° De M. Leygue, membre de la Société, un exemplaire de son mémoire relatif à une *nouvelle recherche sur la poussée des terres et le profil de revêtement le plus économique.*

3° De M. Seyrig, membre de la Société, un mémoire sur la *construction du double pont-route Luiz Ier, à Porto.*

4° De M. Henri Mathieu, ingénieur, un exemplaire d'une brochure sur *le Mildew, les divers procédés expérimentés pour le détruire, les matières employées et leurs proportions.*

5° De M. Maurice Demoulin, ingénieur, un exemplaire d'une étude sur *les machines Compound à triple expansion.*

6° De M. Pinel, membre de la Société, un exemplaire de sa *réponse au mémoire de M. de Swarte sur la soupape Barbe, adressé à la Société Industrielle du Nord.*

7° De M. Jules Garnier, membre de la Société, un exemplaire des ouvrages suivants :

a Projet comparé d'un *Chemin de fer aérien dans Paris. 1885.*

b Excursion industrielle au pays des Cosaques du Don. 1882.

c Rapport de M. Combes sur une *règle à calculer les distributions de vapeur*, faite en collaboration, par MM. Marcel Deprez et Jules Garnier, sur un principe découvert par M. Deprez. 1869.

d Un spécimen de la règle ci-dessus.

e Note : 1° sur un *Moteur à action directe, à double effet, à détente variable*, par M. Jules Garnier; 2° sur un *dispositif de machines Compound à distribution interne, applicable aux machines d'extraction, locomotives, etc.* 1875.

f Note sur les *distributions à mouvement elliptique et à mouvement*

circulaire appliquées aux machines à vapeur, par M. Pascal, R. G. 1872.

g ***Machines à couper, percer et abattre les roches***, par MM. Ernest Javal et Jules Garnier. 1868.

h Essais sur la *Géologie et les ressources minérales de la Nouvelle-Calédonie*, par M. Jules Garnier. 1867.

i Note sur la *Nouvelle-Calédonie*, par M. J. Garnier. 1868.

j Notes géologiques sur *l'Océanie et les îles Taïti et Rapa*, par M. Jules Garnier. 1870.

k ***Excursion autour de l'île de Taïti***, par M. Jules Garnier. 1869.

l Compte rendu et extraits de la *Lithologie du fond des mers*, de M. Délesse, par M. Jules Garnier.

m ***Les migrations humaines en Océanie, d'après les faits naturels***, par M. Jules Garnier. 1870.

n ***Traces du passage de La Pérouse à la Nouvelle-Calédonie***, par M. Jules Garnier. 1869.

o ***Excursion dans la partie sud-ouest de la Nouvelle-Calédonie***, par M. Jules Garnier. Journal officiel de la Nouvelle-Calédonie. 1886.

Les Membres nouvellement admis sont :

MM.	D'ALLEST,	présenté par MM. de Comberousse, Mallet et Stapfer.
	BEAU,	— Cauvet, Contamin et Forest.
	BONNAMI,	— Dubuisson J., Dumont G. et Joyant C.
	BOBET,	— Carimantrand, Lévi et Marché.
	BOVET,	— de Comberousse, Contamin et Forest.
	CAUCHY,	— Cornuault, Coste et Godillot.
	CHOMIENNE,	— Arbel L., Fontaine H. et Poulot D.
	DECAUVILLE,	— Féray L., Hersent H. et Vallot H.
	DUBOST,	— Flaman E., Love G. et Regray L.
	HINSTIN,	— Hallopeau, Hinstin N. et Rey.
	KŒCHLIN,	— Cornuault E., Coste A. et Godillot G.
	LUCHAIRE,	— Carimantrand, Lévi et Mallet.
	PARROT,	— Bonnassies, Hallopeau et Loustau.
	PINGET,	— Desbrière, Desgrange et Gottschalk.
	RIBES (DE),	— Bouilhet, de Comberousse et Lavezzari.
	ROSPENDOWSKI,	— Aulanier O,, Brüll H. et Durand L. J.-B.

Comme Membres associés :

MM.	DUMAS,	présenté par MM. de Comberousse, F. Le Blanc et Péligot.
	LECOUFFE,	— Brichaut A., Leverbe E. et Voisine H.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE JANVIER 1886

Séance du 8 janvier 1886.

PRÉSIDENCE DE M. HERSENT

La séance est ouverte à 8 h. 1/2.

M. DE COMBEROUSSE, Président sortant, prononce le discours suivant :

MESSIEURS ET CHERS CONFRÈRES,

Me voilà arrivé au terme de mon mandat et je vous dois, d'après notre tradition et notre règlement, le compte rendu de vos travaux pendant l'année que nous venons de parcourir ensemble, ainsi que le tableau de la situation actuelle de la Société.

Le Président que vos suffrages ont porté à votre tête, pour l'année qui s'ouvre, est plus heureux que son prédécesseur. Il peut se livrer, s'abandonner tout entier, choisir parmi les sujets qui ont éveillé l'attention publique, ou vous apporter le fruit de ses travaux personnels et être, par cela seul, éloquent comme tous ceux qui parlent de ce qu'ils ont vu, touché, imaginé.

Le Président sortant, au contraire, est obligé de se maintenir dans le cadre circonscrit imposé par le règlement ; et il manquerait aux convenances s'il usurpait trop longtemps cette noble et libre tribune pour vous entretenir d'autre chose que de vous-mêmes et de vos destinées prochaines.

Il faut donc, bien qu'il m'en coûte, mettre entre vous et moi ce froid papier qui soutiendra ma mémoire et me forcera à suivre, volontairement obéissant, le chemin qui m'est tracé.

Mon premier devoir, aujourd'hui, est de vous rappeler ceux qui ne sont

plus et de les saluer en votre nom. Un dernier regret, un dernier hommage de leurs collègues, pourront adoucir, un instant, les douleurs voilées que la Mort laisse toujours après elle.

Nous avons perdu, cette année, trente de nos confrères : vingt-cinq parmi les membres sociétaires, cinq parmi les membres associés.

Nous nommerons d'abord notre Président honoraire, Henri Tresca, membre de l'Institut, et l'un des représentants les plus éminents du Génie Civil.

Nous avons eu l'honneur de représenter la Société à ses funérailles, le 24 juin dernier, et nous faisions remarquer que, sorti de l'École Polytechnique dans les Ponts et Chaussées, en 1835, et démissionnaire en 1841, il était devenu alors Ingénieur civil et l'était toujours resté. Après avoir retracé la part de sa vie qui nous appartenait plus particulièrement, nous ajoutions devant sa tombe entr'ouverte :

« Ici, dans l'enceinte où nous sommes, *ceux qui sont fatigués se reposent*. Mais si notre Président honoraire pouvait se lever à notre voix, lui qui a tant mérité de se reposer, il nous répondrait : *Je ne suis pas fatigué.*

« Il semblait, en effet, de fer et d'acier comme les machines qu'il aimait. Il bravait tout. Il n'a pas vieilli. Il a obéi à une loi inéluctable, sans subir aucune décadence. Il n'a cessé de travailler qu'en cessant de vivre... »

Nous ne pouvons oublier que nous avons entendu ses dernières paroles et que c'est au milieu de nous que ses yeux ont commencé à se fermer, comme s'il avait voulu, avant de nous quitter, nous apporter un adieu et un exemple.

Ses travaux sur l'écoulement des solides, sur le poinçonnage et le rabotage, protègeront sa mémoire.

Nous avons aussi à regretter un de nos anciens présidents, Louis Richard, que notre estime et notre sympathie entouraient. Ancien élève de l'École Centrale, promotion de 1844, il a courageusement parcouru toutes les étapes, souvent pénibles, de notre profession. Son camarade d'école, M. Émile Muller, son collaborateur des dernières années, M. Maire, et votre Président, ont retracé sur sa tombe sa carrière si vaillamment et si utilement remplie. Leurs paroles ont été reproduites dans nos publications et perpétueront le souvenir de ses talents et de ses travaux.

Ernest Gouin, qui était membre de la Société depuis 1849, c'est-à-dire depuis 37 ans, nous a été enlevé au mois d'avril dernier. C'était presque l'un de nos fondateurs. Ancien élève de l'École Polytechnique comme M. Tresca, il s'était de bonne heure consacré à la pratique de notre Art. En lui s'est éteinte une des personnalités les plus élevées de la grande Industrie française, et les Ateliers de construction des Bati-

gnolles sont connus dans le monde entier. Ses beaux travaux seront longtemps admirés, et le cœur de la population parisienne n'oubliera pas sa générosité inépuisable.

Victor Forquenot, ancien élève de l'École Centrale, promotion de 1838, frappé au mois d'octobre, nous appartenait depuis 1848. Il avait été vice-président de la Société et membre du Comité pendant de longues années. Nous pouvons dire qu'il était l'un des plus éminents de ce groupe nombreux d'Ingénieurs Civils qui a bien mérité du pays en contribuant, dans une si large part, à la création et au développement des chemins de fer en France. Il a prouvé, avec beaucoup d'autres, combien la fondation de l'École Centrale avait été utile à l'essor de notre Industrie et combien elle était arrivée à l'heure propice.

Victor Forquenot débuta virilement comme ouvrier dans les Ateliers de John Cockerill, à Seraing. Il est très bon d'être ouvrier, quand on mérite de devenir chef. Directeur des Ateliers de la Maison Cavé, employé au chemin de fer du Nord, Forquenot entra comme Ingénieur du matériel à la compagnie de Tours à Nantes, en 1846.

Il ne quitta plus depuis le chemin de fer d'Orléans. La régie de la traction était alors entre les mains de notre éminent collègue et ancien Président, Camille Polonceau. Forquenot fut chargé, en 1852, du contrôle de cette régie et, lorsque Polonceau, atteint prématurément, disparut en 1859, son ancien camarade lui succéda comme Ingénieur en chef du matériel et de la traction, poste qu'il a occupé pendant plus de vingt-cinq ans.

C'est là qu'il a pu étudier d'une manière approfondie les machines locomotives et y apporter de nombreux perfectionnements. Nous dirons seulement qu'on lui doit la mise en service, pour les trains express, et cela dès 1864, des premières locomotives à grandes roues accouplées qui aient circulé sur le réseau français. Son nouveau type de machine destinée à remorquer les trains de marchandises sur forte rampe, fut aussi très remarqué à l'Exposition universelle de 1867.

Ajoutons que Forquenot s'occupait avec sollicitude des diverses institutions fondées par la Compagnie d'Orléans pour améliorer la situation ou augmenter le bien-être de ses agents, et dues à l'initiative éclairée de Camille Polonceau.

A ces deuils si sensibles, il faut encore ajouter la perte de vingt-six de nos confrères.

Camille Audenet, ancien Ingénieur de la Marine, Ingénieur en chef de la Compagnie Transatlantique, dont la belle flotte qui s'accroît chaque jour a dû beaucoup à ses efforts.

Bougère, ancien élève de l'École Centrale, promotion de 1838, membre de la Société depuis 1848, resté toute sa vie banquier à Angers.

Laurent Courtépée, ancien élève de l'École Centrale, promotion de

1845, membre de la Société depuis 1848, Ingénieur chimiste, ancien directeur de l'Usine de blanc de zinc de la Vieille-Montagne, à Asnières, chargé de nombreuses missions industrielles en Tunisie, en Corse, en Espagne, dans l'Amérique du Sud, où il exploita, dans les Andes, une riche mine de cuivre ; l'un des membres les plus dévoués de notre Société.

Courrerie, ancien élève de l'École Centrale, promotion de 1837, honoré de l'amitié de notre illustre maître, J.-B. Dumas, qui favorisa ses débuts en l'envoyant installer des machines aux papeteries d'Essonnes, Directeur de la papeterie de Prouzel, fondée par son beau-père, M. Obry, Chimiste distingué qui perfectionna l'industrie de l'iode extrait des varechs. Il représentait dignement son École et la Société dans le département de la Somme.

Ch. de Crémont, ancien élève de l'École Centrale, promotion de 1881, Contrôleur à la Compagnie du Canal de Suez, enlevé à 26 ans à l'affection des siens et aux espérances que donnaient son intelligence et ses premiers succès.

Cruchet, ancien élève de l'École Centrale, promotion de 1876, attaché à la Compagnie Nobel.

Delapchier, ancien élève de l'École Centrale, promotion de 1869, associé de la fabrique de bougies du Diamant, à Saint-Denis.

Jean Fleury, de la maison de constructions métalliques André et Fleury.

Giraudeau, ancien élève de l'École Centrale, promotion de 1865, constructeur d'appareils de chauffage.

Grieumard, ancien élève de l'École des Arts et Métiers d'Aix, promotion de 1850, attaché au Creusot, Ingénieur du matériel à la Compagnie du Chemin de fer de Polencia, à la Compagnie du Chemin de fer de Picardie et Flandre, et à la Compagnie Franco-Algérienne.

Legris, ancien élève de l'École Centrale, promotion de 1841, employé aux travaux de construction du chemin de fer du Nord, collaborateur de M. Love pour la construction de la ligne d'Amiens à Boulogne, créateur d'un atelier de constructions mécaniques à Maromme, qui grandit rapidement, et lui donna en Normandie une belle situation industrielle, bien méritée par son activité infatigable et sa haute compétence.

Maury, qui a été attaché aux travaux du port d'Alger et qui s'est occupé de l'installation d'usines à chaux, briques et ciments.

Mesmer, Directeur de l'usine de Graffenstaden, notre collègue depuis 1854.

Louis Mors, l'Ingénieur électricien bien connu et auquel on est redevable d'ingénieux appareils.

Ogier, ancien élève de l'École Centrale, promotion de 1858, Ingénieur

chez MM. Barbier et Daubrée, constructeurs de machines à Clermont-Ferrand; chargé bientôt par M. Daubrée de diriger la fabrique de caoutchouc de Blanzat, il acquit rapidement, dans cette spécialité, une notoriété incontestée. Il a publié, dans les bulletins de notre Société, une note intéressante sur les propriétés des courroies en caoutchouc et leur résistance comparée à celle des courroies en cuir. Appelé à la tête de la grande manufacture de caoutchouc de Langlée, la gestion générale des affaires de la Maison Hutchinson et C^ie^ allait lui être confiée, lorsqu'il fut frappé subitement.

PARENT, ancien élève de l'École des Arts et Métiers de Châlons-sur-Marne, Ingénieur de la Faïencerie de Choisy-le-Roi, Ingénieur de la Compagnie des Allumettes, Ingénieur en chef de la Société générale d'Électricité (Procédé Jablockhoff).

PARLIER, ancien élève de l'École Centrale, promotion 1857, Ingénieur divisionnaire aux Mines de la Grand' Combe, Ingénieur des Forges et Hauts Fourneaux du Creusot, Directeur des usines de Moulaine, près Longwy.

EDOUARD SERVIER, ancien élève de l'École Centrale, promotion de 1855. Entré à la Compagnie Parisienne du Gaz, lors de la fusion des anciennes Compagnies, il fut nommé sous-chef du service des usines et de la fabrication, confié à l'habile direction de notre collègue, M. Arson, Ingénieur en chef. Pendant treize années, il remplit ces fonctions, dont l'importance croissait chaque jour. Après avoir construit plusieurs usines à gaz, il devint Directeur de la Compagnie Lyonnaise du Gaz à Metz, où il se trouva presque aussitôt enfermé par l'Invasion. On comprend, sans que j'insiste, quelle pût être la situation du Directeur de l'Éclairage au Gaz dans la noble ville assiégée. Sa déposition dans le triste Procès Bazaine restera comme un document historique et comme un témoignage de son ardent patriotisme.

Rentré à Paris, il y fonda, avec MM. Monnier et Rouget, un cabinet dont il resta plus tard seul titulaire. Il serait difficile de nommer toutes les usines à gaz dont il s'occupait et tous les travaux que lui doit cette grande Industrie.

Fondateur de la Société technique du Gaz en France avec plusieurs de nos collègues, MM. Ellissen, Hugon, Jordan, Lebon, Mallet, Vautier, il en devenait le Président en 1877, et en cette qualité, dirigeait le Congrès de 1878. Plusieurs perfectionnements importants dans l'industrie à laquelle il s'était consacré sont dus à Servier, à la fois Ingénieur, écrivain et publiciste. Sa perte, que sa robuste santé et sa féconde activité ne pouvaient faire prévoir, a été cruellement ressentie par ses amis et par ses confrères.

SHALLER, Ingénieur de la Marine autrichienne, attaché à la Commission

Impériale Austro-Hongroise pour l'Exposition Universelle de 1878, Directeur de la Société de Tramways à vapeur de Naples.

Ch. Sordoillet, ancien élève de l'École Polytechnique. L'Egypte l'avait d'abord attiré. Il avait été ensuite Ingénieur de la Compagnie de l'Est-Algérien. Les grands travaux à exécuter à Panama, les difficultés mêmes de ce projet, trop audacieux peut-être, l'avaient séduit. Il était parti dernièrement comme Ingénieur attaché à l'entreprise. C'est là qu'au bout de deux mois seulement de séjour, il a trouvé, en novembre, une mort prématurée, aussi glorieuse que celle qu'on rencontre sur les champs de bataille, mais qui laisse d'amers regrets aux amis qu'il avait et qu'il méritait d'avoir.

Vollot, ancien élève de l'École Polytechnique, ancien capitaine du génie, qui avait repris; avec notre collègue, M. Badois, la direction de l'ancienne maison Thomasset.

Les cinq membres associés dont nous avons à regretter la perte sont :

Jean-Félix Bapterosses, le grand manufacturier de Briare, si connu et si estimé.

Hermann-Lachapelle, qui débuta par la fabrication d'appareils pour les boissons gazeuses, répandus dans le monde entier. De concert avec M. Glover, et comprenant la nécessité de doter la petite industrie d'un moteur de faible puissance et d'un entretien facile, il créa la machine à vapeur verticale du type qui a popularisé son nom. Il fut ainsi conduit à fonder la maison importante aujourd'hui dirigée avec le même succès par notre confrère, M. Boulet.

Huguin, collaborateur de Thomé de Gamond, l'Ingénieur aux grandes hardiesses, notamment pour ses études relatives au rétablissement du Port de Narbonne.

Jules Laveissière, attaché d'abord au laboratoire de Pelouze. Il entra, en 1848, dans la maison J.-J. Laveissière et fils qui, à cette époque, ne possédait que l'usine de Déville-lès-Rouen. Il prit une grande part à son développement, par la mise en exploitation de plusieurs brevets concernant la fabrication des tubes en cuivre rouge et jaune, sans soudure, et créa l'Usine de Saint-Denis. Nommé Président de section de la Commission des Valeurs, en 1883, il était membre du Conseil d'administration de la Vieille Montagne et Président du Conseil d'administration de la Société industrielle et commerciale des Métaux. Il laisse après lui les plus vifs regrets.

Vandermeylen, Administrateur fondateur de la Société de la raffinerie de Rien.

A ces trente confrères disparus, nous devons en ajouter encore trois autres, dont la mort nous a été notifiée bien tardivement, mais que ce retard ne peut priver de notre sincère souvenir. Je veux parler de :

Barros-Barreto, ancien élève de l'École Centrale, promotion de 1850, décédé en 1881. Après avoir été attaché à la Compagnie de l'Ouest, il retourna au Brésil, son pays natal, pour y monter et diriger une raffinerie de sucre à Pernambuco.

Joseph Maniquet, ancien élève de l'École Centrale, promotion de 1872, décédé en 1884. Il s'était fait déjà une place très honorable dans la région du Sud-Est. Ingénieur chez M. Garnier, grand apprêteur de Lyon, il lui fut du plus réel secours pour les perfectionnements à apporter à son matériel. Appelé à Vienne (Isère) par notre confrère, M. Claudius Jouffray, l'habile constructeur de machines à vapeur, il devint son ami et son associé. Maniquet, invité à professer le Cours de machines à vapeur à l'École Centrale lyonnaise, avait publié avec notre confrère, M. Henry Coste, son camarade de promotion, une étude complète des distributions de vapeur.

Taillandier, Ingénieur à la Compagnie du Chemin de fer de Ciudad-Real à Badajoz, décédé depuis plusieurs années à Clermont-Ferrand.

Enfin, Husquin de Rhéville fils, attaché à notre administration, que vous me reprocheriez de ne pas joindre à cette liste funèbre.

Son père, notre Secrétaire archiviste, ébranlé par ce coup cruel, lutte en ce moment contre la maladie avec un courage extraordinaire. Nous aurions voulu qu'il se ménageât davantage, mais nous n'avons rien pu obtenir de lui à cet égard. Il tombera à son poste comme un soldat sur la brèche (nous souhaitons que ce soit dans de longues années), ayant sacrifié sa santé à sa tâche et à son zèle pour la Société. *(Applaudissements.)*

Mes chers confrères, vous m'avez peut-être trouvé trop long ; ceux qui ont aimé et qui regrettent me trouveront trop court.

J'ai, maintenant, un devoir moins pénible à remplir. Il me faut exposer devant vous, en les groupant et en les caractérisant rapidement, les travaux et les discussions qui ont occupé cette année la Société. Nos vingt et une séances réglementaires ont été bien remplies, et nous avons été obligés, pour être à jour, de tenir une séance supplémentaire, le 27 novembre.

Si j'oubliais, par mégarde, un de nos confrères dans cette énumération, je le prie d'avance de m'excuser.

TRAVAUX PUBLICS ET CONSTRUCTIONS

Nous avons eu, sur ce sujet, d'intéressantes et importantes communications.

M. Bourdais a développé devant vous, avec son talent habituel, son projet de *Colonne solaire* ou de phare électrique de 300 mètres de hauteur, destiné à éclairer Paris à l'aide d'un seul foyer. C'est sur la demande de M. Sébillot, frappé des applications faites en Amérique au point de vue de l'éclairage des villes par l'électricité, que M. Bourdais a étudié cette tour gigantesque. Il a été amené par ses calculs, présentés d'une manière ingénieuse, à donner la préférence à la pierre sur le métal. Je ne sais pas si nous verrons jamais sortir de terre ce pylone extraordinaire; mais je crois qu'on lira toujours avec fruit le mémoire de M. Bourdais et ses déductions théoriques concernant l'action du vent sur les constructions élevées et la résistance de la pierre soumise à son propre poids.

M. Eiffel, à son tour, nous a communiqué son projet de *Tour en fer*, aussi de 300 mètres de hauteur, et il l'a développé, avec planche à l'appui, dans un Mémoire intéressant inséré au Bulletin.

Nous avons eu ainsi le duel de la pierre et du fer, représentés par deux Ingénieurs et Constructeurs éminents.

Leurs projets, qui diffèrent par beaucoup de points, qui se rapprochent par d'autres, ont été inspirés par la pensée de célébrer dignement le Centenaire de 1789 et d'ajouter à l'attraction de l'Exposition annoncée. Tout naturellement, ils ont cherché à frapper l'imagination par une grande Œuvre et à élever un monument durable qui recommandât leurs noms à la postérité. Mais les dimensions adoptées et le but poursuivi devaient, à bon droit, éveiller l'attention de la Société, et une discussion approfondie a suivi les communications de MM. Bourdais et Eiffel.

Nous nous rappelons tous ces séances de discussion où M. Lavezzari a remporté un véritable succès de parole, où M. Bourdais a montré toute la souplesse de son esprit, où M. Benoît-Duportail, dans un travail étendu et consciencieux, a envisagé les différents côtés de la question, où M. Eiffel, M. Bodin, M. Contamin, sont venus, avec leur haute compétence, présenter des observations et des remarques très instructives. Je ne dois pas non plus oublier M. Dallot.

Plus tard, et après MM. Lavezzari et Bodin, M. Bourry a écrit à la Société une lettre intéressante relative aux oscillations des grandes cheminées d'usines sous l'action du vent.

Je reviendrai plus tard sur le problème d'éclairage qui se lie à la construction ; car nous avons à rendre justice à M. Sébillot, dont l'intervention a donné sans doute naissance à ces projets, et à M. Cornuault, dont la Société a apprécié les déductions nettes et précises.

M. Eiffel est venu nous annoncer la terminaison de la très remarquable *Coupole* exécutée dans ses ateliers pour l'Observatoire de Nice, et due à la munificence éclairée de notre collègue, M. Bischoffsheim. Il nous a fourni des explications sur l'heureuse solution adoptée par lui et qui, désormais, servira de type, en donnant comme support à ces lourdes masses un liquide approprié. Il a invité en même temps la Société à visiter cet important travail. Nous nous sommes rencontrés à Levallois-Perret avec les Membres de l'Académie des Sciences et du Bureau des Longitudes, et nous avons félicité sincèrement M. Eiffel de son succès.

M. Hignette nous a entretenus d'un *Nouveau produit Céramique*, fabriqué à l'aide des sables qu'on emploie dans les manufactures de glaces pour les dresser, et qui s'échappent, usés, avec l'eau qui les entraîne. Les nouvelles briques blanches qu'on obtient ainsi jouissent de propriétés remarquables que M. Hignette nous a fait connaître. Comme il l'a justement fait remarquer, la pierre blanche artificielle manquait, et ce produit comble une lacune dans les matériaux de construction.

M. Léon Malo est venu de Lyon pour nous donner lecture de son Mémoire sur les *Voies asphaltées de Berlin*. Cette monographie, très bien faite et insérée dans nos Bulletins, a donné occasion à M. Malo de présenter une comparaison des plus instructives et des plus intéressantes entre *les Voies en asphalte et le pavage en bois* qu'on essaie en ce moment à Paris. Nous ne voyons que luttes de tous côtés dans l'Industrie. Tout à l'heure, c'était le combat du fer et de la pierre. Voilà, maintenant, l'asphalte et le bois en présence. Le mouvement et le changement ne sont pas toujours le progrès.

M. Molinos a contesté quelques-unes des appréciations de M. Léon Malo et a soutenu plus particulièrement le pavage en bois. M. Malo a répondu par une lettre étendue insérée au procès-verbal, en maintenant ses affirmations. Les éléments de ce problème capital de voirie ont été ainsi complètement mis à notre disposition.

Ajoutons qu'une note de notre collègue, M. Gouvy, qui réside à Vienne, se rapportant à la pierre artificielle appelée *Céramite*, et qu'on a commencé à employer sous forme de pavés à Budapest, sera insérée dans le Bulletin d'octobre et viendra terminer, dans les Mémoires de 1885, cette série de communications sur un sujet plein d'actualité et important pour toutes les grandes villes.

M. Bertrand de Fontviolant, l'un de nos plus jeunes sociétaires, nous

a apporté un Mémoire étendu sur un *Nouveau mode de calcul des poutres continues*, où il a très heureusement appliqué, d'une manière personnelle, le principe fécond de la superposition des effets des forces. Il a eu soin d'adjoindre à sa méthode analytique, comme vérification plutôt que comme simplification, la méthode graphique si en faveur aujourd'hui, peut-être trop.

Son Mémoire, dont l'impression a été retardée par suite de circonstances indépendantes de notre volonté et de la sienne, paraîtra dans le Bulletin de septembre, et ne fera qu'affirmer le succès qui a accueilli en séance la communication de notre collègue.

MM. Guadet et Bonnet ont exposé devant la Société *le plan et l'organisation du nouvel Hôtel des Postes de Paris.*

Je ne veux parler ici que de la construction proprement dite que l'éminent architecte de l'Hôtel, M. Guadet, nous a décrite, au point de vue esthétique et au point de vue pratique, avec une élévation et avec une entente des détails dont nous avons tous été frappés. Il a bien voulu nous promettre de demander à M. le Ministre l'autorisation de faire visiter à la Société, aussitôt que possible, le nouveau monument, plein d'originalité, élevé par ses soins au centre de Paris.

Nous retrouverons M. Bonnet tout à l'heure, quand nous parlerons des travaux de mécanique proprement dits.

Les communications relatives aux grands travaux publics concernant les ports et les voies navigables n'ont pas été, cette année, délaissées à la Société.

M. Frédéric Bömches, en traversant la France, a bien voulu nous tenir au courant, comme il l'avait déjà fait précédemment, des *nouveaux travaux du port de Trieste*, effectués sous son habile direction et qui sont actuellement achevés. Son Mémoire a paru dans nos Bulletins.

M. W. Nordling, notre très éminent collègue, s'est arrêté à Paris pour présenter à la Société son ouvrage sur *le prix de revient des transports par Chemin de fer et la question des voies navigables en France, en Prusse et en Autriche.* Nous avons accueilli notre ancien Vice-Président avec la haute estime et l'affection qu'il a toujours inspirées à ses collègues.

M. Hauet nous a donné une description très nette de l'avant-projet de M. l'Ingénieur en chef Dyrion, relatif à l'*assainissement de Toulon*, placé dans des conditions hygiéniques si regrettables et qui rendent notre important port militaire la proie facile des épidémies.

M. Jules Gaudry a bien voulu étudier pour nous, à l'Exposition universelle d'Anvers, la section consacrée aux *Constructions maritimes*, et son Mémoire complet sera lu avec beaucoup d'intérêt.

Enfin, M. Cotard a profité de l'hommage que M. Laroche, Ingénieur

en chef des Ponts et Chaussées, l'avait chargé de faire à la Société de son nouvel ouvrage sur *les Ports de commerce en France et à l'Étranger*, pour exposer de nouveau et avec l'autorité qui lui appartient, ses vues bien connues sur cet important sujet, qui touche d'une manière si intime à nos grands intérêts commerciaux et à l'épanouissement de l'influence française dans le monde.

Disons encore que M. Jules Fleury, délégué par nous au premier *Congrès international de Navigation intérieure*, tenu à Bruxelles, a bien voulu nous rendre compte des travaux du Congrès.

Nous ouvrirons maintenant un chapitre spécial aux Chemins de fer.

CHEMINS DE FER

La grave question du *Métropolitain parisien* a été portée à plusieurs reprises devant la Société et traitée avec une ampleur à laquelle vous avez applaudi.

M. Jules Garnier nous a présenté d'abord son projet ingénieux à *voies superposées*, dont le principe, déjà appliqué en Amérique, a été amélioré par lui sous plusieurs rapports.

En l'absence de M. Lantrac, l'habile Ingénieur de Fives-Lille retenu par un accident, M. Georges Salomon, au pied levé et avec un véritable talent, a décrit le système de M. Garnier. M. Garnier a fait suivre cet exposé technique de *considérations générales sur les Métropolitains* déjà exécutés à l'étranger, permettant de se rendre, par comparaison, un compte exact des conditions à rechercher ou à éviter.

Une discussion très nourrie a suivi cette communication. MM. Lantrac et Auguste Moreau l'ont ouverte avec une étendue et une précision de détails très remarquables. La Société a entendu ensuite les observations, précieuses à divers titres, de MM. Brüll, Garnier, Hersent, Le Brun, Molinos, Level, Sévérac, Abt et Regnard.

La lutte existe encore ici entre le Métropolitain aérien et le Métropolitain souterrain. Personnellement, et sans rien préjuger, il nous sera permis de dire que nous faisons des vœux pour la lumière.

M. Haag, qui avait déjà exposé son projet de Métropolitain aérien devant la Société, projet autre que celui de M. Garnier et taillé en plein drap, nous a apporté un complément d'instruction sur le système d'exploitation et d'économie financière de son projet. Il l'a fait avec son talent habituel.

M. Haag a écrit depuis à la Société une lettre destinée à préciser certains points de sa communication; mais nous regrettons de n'avoir

pas reçu le Mémoire qu'il nous avait promis et dont la place était marquée dans nos Bulletins.

Le système général n'est pas tout dans les Chemins de fer. Les détails y jouent le rôle le plus important.

La question des *traverses métalliques* est venue à son heure devant nous, et M. Auguste Moreau a bien voulu résumer avec talent, pour les séances de la Société, le Mémoire de notre sympathique collègue hollandais, M. Post, sur ces traverses et leurs attaches, mémoire publié d'ailleurs dans nos Bulletins.

La lecture de ce résumé a été l'occasion d'une discussion des plus intéressantes soutenue, à notre grand bénéfice, par MM. Contamin et Level. L'habile Ingénieur du Nord, aujourd'hui notre premier Vice-Président, penche vers le *statu quo*, et nous ne pouvons nous empêcher de croire qu'il a raison.

Il me reste à signaler la note que M. Morandière a bien voulu rédiger pour le procès-verbal, et qui se rapporte plus spécialement à l'Exposition des chemins de fer à Anvers.

MÉCANIQUE

La Mécanique générale et la Mécanique appliquée ont fourni un large contingent à nos séances, et personne ne saurait s'en étonner, à une époque où la Mécanique est partout et semble pénétrer de plus en plus toute la vie sociale.

M. Louis Boudenoot nous a vivement intéressés par sa communication sur la *distribution de la force motrice à domicile, au moyen de l'air raréfié.* C'est M. L.-A. Petit qui a, le premier, émis cette idée. Elle a reçu la sanction de la pratique, et nous avons été heureux de visiter, au mois de mars dernier, l'usine de la rue Beaubourg et ses annexes, avec M. Brüll et avec M. Boudenoot lui-même.

La Mécanique est aussi merveilleuse dans les petites que dans les grandes choses. Nous l'admirons autant quand elle met quelques kilogrammètres au service d'une machine à coudre dans la chambre de l'ouvrière, que lorsqu'elle développe des centaines de chevaux pour l'épuisement d'une mine. Le travail ainsi divisé et transporté à domicile n'est pas seulement une difficulté aplanie d'une manière remarquable, c'est un progrès social digne de toute attention et de la plus haute importance. Le Mémoire de M. Louis Boudenoot est venu enrichir nos Bulletins.

A une séance ultérieure, M. Piarron de Mondésir a bien voulu présenter d'intéressantes observations techniques sur le Mémoire de M. Boudenoot, et M. Mékarski a écrit à la Société pour réclamer, au nom de

l'air comprimé dont il fait un peu son domaine personnel, mais en applaudissant d'ailleurs courtoisement au succès obtenu par MM. Petit et Boudenoot.

M. A. Mallet a profité du compte rendu qu'il a fait à la Société du *Guide* publié par M. Buchetti *pour l'essai des Machines à vapeur et la production économique de la vapeur*, pour nous donner d'intéressantes considérations et des détails inédits sur le développement continu des Moteurs à feu et sur les origines de la véritable théorie de l'action de la vapeur dans les cylindres.

Nous devons encore à M. Mallet, à la suite d'une lettre écrite par M. de Cossigny au sujet de la communication précédente, et pour rappeler les dynamomètres de rotation de M. Taurines, la lecture d'une note très instructive et très détaillée que notre vénéré et savant collègue, M. Daniel Colladon, a bien voulu le charger d'offrir à la Société. Dans cette note, M. Colladon expose ses propres travaux et ceux de M. Taurines sur les dynamomètres applicables à la mesure du travail utile transmis à l'arbre de rotation des roues par les machines des grands steamers, avec la noble impartialité du savant et la chaleur d'un cœur toujours jeune.

M. Touchet a envoyé à la Société une note détaillée sur le *Compresseur électrique* de M. E. Gellerat, entrepreneur de travaux publics, chargé du cylindrage des chaussées macadamisées de Paris. M. Giraud a bien voulu donner lecture de cette note, qui retrace avec précision cette application curieuse de la machine dynamo-électrique. L'expérience tentée par M. Gellerat a bien réussi ; mais il n'a pas semblé que l'emploi industriel de l'appareil imaginé fût déjà possible. L'avenir prononcera. Nos Bulletins ne peuvent pas enregistrer que des victoires.

M. Paul Guéroult nous a donné une monographie très consciencieusement étudiée sur la *Distribution des eaux du puits artésien de la Déesse, à Saint-Denis*. Son Mémoire a été publié.

M. Paul Sage, de retour d'un long séjour en Russie et dans le Caucase, nous a décrit avec toute compétence ce qu'est l'*Industrie du Naphte* vers les bords de la mer Caspienne. Il nous a exposé, dans sa communication, un projet remarquable de conduite en fer étiré, avec relais de pompes de refoulement, qui permettrait le transport économique du naphte de la mer Caspienne à la mer Noire, et donnerait un rapide développement à cette industrie importante, aujourd'hui entravée par l'insuffisance des moyens de transport. Son Mémoire est très personnel et très intéressant.

M. Duroy de Bruignac, dans un long et consciencieux travail, a présenté à la Société ses idées sur la théorie délicate des *Hélices propulsives*. Sa communication a donné lieu à une discussion à laquelle ont pris

part MM. QUÉRUEL, EDMOND ROY, SORDOILLET, LÉON THOMAS, BADOIS et CH. HERSCHER, ainsi que M. DUROY DE BRUIGNAC lui-même.

M. ABEL PIFRE a décrit devant la Société, avec tout le talent qu'on lui connaît, son *nouveau système de Moteur domestique* mû par la vapeur, venant en quelque sorte compléter ainsi, à un autre point de vue, la communication de M. Boudenoot. Son Mémoire complet sera prochainement publié.

M. QUÉRUEL nous a rendu compte des essais faits sur une machine à vapeur de son système, construite par notre collègue, M. A. Crespin, et qui ont donné des économies sérieuses sur la moyenne des Corliss.

M. AUGUSTE MOREAU nous a présenté l'analyse très bien faite du travail de M. Vauthier sur *l'entraînement et le transport par les eaux courantes. des vases, sables et graviers.* M. Vauthier avait traité cette délicate question d'hydraulique au Congrès de l'Association française pour l'avancement des Sciences, tenu à Blois en 1884.

M. EDMOND ROY, avec toute la compétence qui lui appartient, a soumis à la Société ses idées générales sur les voies et le matériel flottant de navigation intérieure ; il nous a donné, en même temps, communication des résultats des expériences exécutées sur un *bateau à hélice mobile* de son système. MM. QUÉRUEL et CARIMANTRAND ont présenté, après M. Roy, quelques réserves et quelques observations générales intéressantes.

M. AUGUSTE BONNET nous a fait deux communications importantes.

Dans la première, il nous a décrit l'*Appareil élévatoire de 30 mètres, avec chariot transbordeur*, qu'il a appliqué aux travaux de l'Église de Montmartre, après en avoir essayé un de dimensions beaucoup plus restreintes, au nouvel Hôtel des Postes. Ce nouvel appareil pour la pose des assises et l'établissement des voûtes élevées offre une économie considérable sur les charpentes compliquées employées jusqu'à présent, et présente de plus une sécurité presque absolue.

Dans sa seconde communication, M. BONNET, prenant la parole après M. GUADET, a résumé devant nous toute l'*organisation des services mécaniques du nouvel Hôtel des Postes*, et nous a inspiré de nouveau le désir très vif d'une visite détaillée.

Enfin, nous devons signaler tout particulièrement la communication de M. BERTHOT sur *les forces mutuelles et leurs applications aux phénomènes mécaniques, physiques et chimiques.*

M. BERTHOT a cherché, comme d'autres savants l'avaient fait avant lui, à établir une formule générale applicable aux actions moléculaires et qui pût concorder avec le plus grand nombre possible de faits physiques bien connus et bien déterminés. On pourra suivre ses déductions et ses calculs originaux dans son Mémoire, qui sera publié *in extenso* dans notre Bulletin.

Rappelons seulement que quatre-vingts lois physiques solidement établies ont déjà servi de critérium à M. Berthot pour démontrer l'exactitude au moins approchée de sa formule. C'est là un résultat très remarquable qui prouve que cette formule représente une loi synthétique, dans tous les cas, plus voisine de la réalité des faits que les lois proposées précédemment.

Nous sommes heureux que ce beau travail, auquel M. Tresca, notre Président honoraire, s'était très vivement intéressé, ainsi que ses collègues de l'Académie des sciences, MM. de Saint-Venant et Maurice Lévy, paraisse dans les Annales de la Société. *(Applaudissements.)*

MÉTALLURGIE

La Métallurgie nous a un peu délaissés cette année, et nous n'avons à vous signaler à cet égard que l'intéressante communication de M. H. Rémaury sur *les Mines et usines de l'embranchement de Longwy à Villerupt*. On sait toute l'autorité de notre collègue en ces matières.

PHYSIQUE ET CHIMIE INDUSTRIELLES

La Physique et la Chimie nous ont donné un peu plus que la Métallurgie.

M. Sébillot, après la première communication de M. Bourdais, a fait l'historique de son *Projet d'éclairage électrique de la ville de Paris* à l'aide d'un seul foyer d'une puissance de deux millions de carcels. Il a décrit devant la Société son système de réflecteur, avec l'application des miroirs paraboliques proposés par M. Bourdais.

M. Cornuault, nous l'avons déjà dit, a combattu le projet de M. Sébillot, dans deux séances. C'est avec une grande compétence qu'il a comparé les prix de revient de l'emploi du gaz et de celui de l'électricité : toujours la lutte. Ses objections, très réfléchies, très étudiées, ont été présentées avec une parfaite connaissance du sujet. M. Sébillot a répondu à son tour à M. Cornuault.

M. Auguste Gillot a lu un long travail sur *la cause et la nature de la force*. Un résumé de ce travail a été inséré au procès-verbal. Il est juste de retenir, de la communication de M. Gillot, sa remarque originale et vérifiée par la pratique, relative au pouvoir calorifique de la houille.

C'est ce qu'a très bien fait ressortir notre collègue, M. MARIÉ, après la lecture de M. Gillot.

M. H. DE LEYN nous a adressé un rapport très complet, déposé aux Archives de la Société, sur *la Conservation des viandes par le froid.*

M. AUGUSTE MOREAU a bien voulu préparer pour la Société un résumé fort intéressant de cette communication. La lecture de ce résumé a motivé une discussion à laquelle ont pris part MM. EDMOND ROY, BOURDAIS et LAVEZZARI.

C'est par suite des observations de M. Bourdais que nous avons invité M. A. POTEL à faire à la Société une communication sur *les Intérêts français dans les pays de la Plata, au point de vue commercial et industriel.* Dans le résumé, plein de faits instructifs, présenté par M. A. Potel, il a repris, à son point de vue, la question de la conservation des viandes. Il ne s'agit plus ici de l'action du froid, mais des procédés de salaison et de dessication connus depuis longtemps.

La méthode par le froid demeure bien controversée. Elle reste à l'ordre du jour.

Enfin, M. CERBELAUD nous a présenté une communication intéressante sur *l'Emploi de la dynamite pour le sautage des grosses Mines*, et cette communication a été accompagnée d'une discussion très complète dans laquelle MM. CHALON, DE CORDEMOY, BIANCHI, COTARD et CERBELAUD ont pris successivement la parole.

DIVERS

M. G. ANTHONI nous a lu une note très ordonnée sur l'important ouvrage de notre confrère, M. EMILE CACHEUX, intitulé : l'*Économiste pratique.*

M. EDOUARD SIMON, d'une part, MM. CH. ASSI et L. GENÈS, d'autre part, nous ont, dans la même séance, entretenus de la *Convention internationale pour la protection de la propriété industrielle.* M. Ed. Simon a, en quelque sorte, posé la question et rappelé que la revision des articles dont l'expérience aurait démontré les inconvénients, pourrait être demandée en 1886.

MM. ASSI et GENÈS sont entrés dans le détail des articles et ont défendu la Convention dans son ensemble.

Une discussion assez vive s'est engagée à la suite de ces deux communications. Il en est ainsi, ordinairement, lorsqu'il s'agit d'économie politique ou industrielle. Nous avons entendu, avec grand intérêt, les

observations piquantes ou élevées présentées par MM. Ed. Simon, Albert Cahen, Armengaud, Assi, Genès, Casalonga et Mardelet.

Me voilà arrivé, mes chers confrères, au terme de mon énumération.

Si vous voulez bien y ajouter le compte rendu que M. Brüll, M. Auguste Moreau, comme suppléant de M. Périssé, et moi-même, nous avons essayé de vous faire du *Voyage de la Société en Belgique ;* les exposés spéciaux que j'ai eus à vous présenter sur diverses questions ; les deux Conférences consacrées aux langues dites internationales, et sur lesquelles je n'ai pas à insister, car elles ne sont qu'un hors-d'œuvre dans l'ensemble des travaux techniques de la Société, vous aurez, à peu près complet, le tableau de notre activité et de notre production comme Société des Ingénieurs civils.

Il me semble qu'il est très honorable et qu'il doit nous inspirer pleine confiance pour l'avenir de l'œuvre que nous poursuivons.

En tout cas, il permet à votre ancien Président de remercier très sincèrement tous ceux qui sont venus, cette année, apporter leur concours à la Société et lui donner une part de leur temps, de leur intelligence, de leur travail, lui témoignant ainsi affection et dévouement.

Mes Chers Confrères, je n'ai pas encore fini.

Je dois rappeler devant vous les travaux de votre bureau, de votre comité et de vos commissions.

Nous avions à décerner cette année le prix Nozo et une seule médaille d'or. Votre Commission, en face de cette seule médaille, s'est trouvée embarrassée. Votre Comité a bien voulu voter une seconde médaille d'or, et nous avons pu récompenser ainsi, à des titres divers, les Mémoires remarquables : d'abord, de MM. Joubert et Fleury sur les *travaux du Port de la Réunion* ; ensuite, de M. Bertrand de Fontviolant sur le *Calcul des poutres continues.*

Quant au Prix Nozo, il a été décerné à M. Auguste Moreau, pour l'ensemble de ses communications sur *les Chemins de fer économiques*, dont le développement dans notre pays est si désirable.

Vos applaudissements ont bien voulu ratifier les décisions prises par vos mandataires.

Au point de vue financier, j'ai pu vous donner une bonne nouvelle, dont la complète réalisation s'est fait attendre plus que de raison.

C'est grâce à M. Hervé-Mangon, notre éminent membre honoraire, qui n'est plus ministre et que je puis louer comme il le mérite, que nous avons pu enfin toucher le *Legs de cinquante mille francs* dont Henri Giffard avait généreusement doté la Société, il y a plus de trois ans et demi.

M. Hervé-Mangon voulait bien m'écrire, avant la séance du 16 octobre, que les décrets nécessaires pour la délivrance du legs avaient été signés le 7, qu'ils avaient paru au *Journal Officiel* le 11, et que des instructions

avaient été données pour que toutes les formalités fussent rapidement remplies.

Ce n'est pourtant que le 16 décembre que nous avons pu recueillir le précieux souvenir que nous a laissé Henri Giffard. Ce sera à votre nouveau Comité à décider de l'emploi de ces nouvelles ressources, au mieux des intérêts de la Société, qui se confondent ici avec ceux de la science, et à la plus grande gloire du bienfaiteur.

Mes chers confrères, j'ai eu l'honneur de parler sur la tombe d'Henri Giffard, après M. Hervé-Mangon, au nom de la Société d'encouragement pour l'Industrie nationale. La Société des Ingénieurs civils, dans l'émoi des funérailles, avait été oubliée par les organisateurs. On me pria de réunir les deux Sociétés, dans l'hommage rendu à celui qui disparaissait trop tôt: Vous comprenez de quel cœur j'acceptai cette mission.

On nous avait promis une Biographie qui n'a pas paru dans nos Bulletins. Heureusement que notre Président, M. Émile Trélat, a prononcé quelques fortes paroles sur cette grande perte, dans la séance extraordinaire de juin 1882, et qu'il a ensuite consacré une très belle page à la mémoire d'Henri Giffard, dans son discours de sortie, le 12 janvier 1883. Il a ainsi dignement exprimé les regrets de la Société.

Voulez-vous cependant me donner la permission, le mandat plutôt, de revenir encore aujourd'hui sur Henri Giffard, et de mettre tout de suite, en face du bienfait reçu, l'hommage renouvelé, et certainement désintéressé, de notre reconnaissance?

Henri Giffard était de la race des grands inventeurs. Il laissera une trace profonde dans l'histoire de la machine à vapeur et dans l'histoire de l'aérostation. Son merveilleux injecteur, par lequel les locomotives ne sont plus condamnées à cette ridicule opération *d'aller faire de l'eau*, suffit pour immortaliser son nom.

On a remarqué que Giffard n'était ancien élève d'aucune de nos grandes écoles. Caractère entier, indépendant, il s'est formé lui-même.

Pourtant, l'École Centrale pourrait peut-être le revendiquer à moitié : c'est un trop grand honneur pour elle, pour ne pas essayer de le prouver.

Dans les années 1847, 1848, 1849, Giffard, lié avec des jeunes gens de cette École — David, Sciama, Cohen — leur empruntait leurs cahiers de notes, étudiait leurs projets, suivait de chez lui les mêmes cours et devenait, sans diplôme, ingénieur en même temps qu'eux et en avant d'eux.

Car, il est bon de le répéter : les inventions de Giffard n'ont pas été seulement d'heureuses trouvailles, d'heureux hasards. Cet inventeur avait foi en la théorie, cet imaginatif respectait profondément la science.

Toute sa vie, il a pensé à la solution de cette question, qui semble depuis quelques mois à peu près atteinte : la direction des ballons.

Ses premières études sur la machine à vapeur, avec M. Flaud, avaient

en réalité pour but la création d'un moteur très léger, doué d'une puissance suffisante et marchant à grande vitesse, qui pût être enlevé facilement dans l'atmosphère et utilisé pour guider la marche des ballons. De là, cette machine de 3 chevaux, du poids de 45 kilogrammes, et faisant 3,000 tours par minute.

Un ami intime de Giffard, Emile Barrault, me disait qu'il était mort en croyant emporter dans la tombe le secret si longtemps cherché, mais qu'il avait reculé devant sa propre découverte. Il avait cru voir dans les airs des flottes ennemies acharnées au carnage et, saisi d'horreur, il s'était tu.

Si c'est une légende, elle ajoute à cette physionomie si originale un trait qui lui convient.

Réservé, solitaire, taciturne, misanthrope, Giffard adorait sa mère et faisait le bien autour de lui, comme les autres font le mal, en se cachant. Il aimait trop la justice pour être satisfait de ce qui se passe autour de nous. Il refusait toute concession aux faits, mais son inflexibilité n'altérait en rien sa bonté.

Le monde savant demanda pour lui, en 1878, la croix d'officier si bien gagnée. Il ne l'obtint pas. Sa gloire enveloppe et cache cet oubli.

Voilà l'homme, mes chers confrères, qui a pensé à nous en mourant, et dont le souvenir doit nous toucher profondément et nous élever l'âme. Nous avons le prix Nozo, nous aurons certainement le PRIX GIFFARD, et ce sera l'un des plus enviés de nos ingénieurs et de nos savants. Cette graine, déposée entre nos mains, donnera naissance à de beaux fruits. *(Applaudissements.)*

Il ne me reste plus que quelques mots à ajouter sur nos affaires intérieures.

Depuis la mort de l'illustre J.-B. Dumas, nous ne comptions plus que deux savants français parmi nos membres honoraires : M. l'amiral Pâris et M. Pasteur.

Le Comité a voulu combler cette lacune, et il vous a présenté comme membres français :

M. A. LAUSSEDAT, Directeur du Conservatoire national des Arts et Métiers ; M. HERVÉ-MANGON, membre de l'Institut, ancien Directeur du Conservatoire national des Arts et Métiers ; M. JANSSEN, Directeur de l'Observatoire de Meudon ; M. FERDINAND DE LESSEPS, membre de l'Académie des Sciences et de l'Académie française.

Nos nouveaux et éminents membres honoraires ont bien voulu transmettre l'expression de toute leur gratitude à la Société.

Il en a été de même de M. H. DE MATTHYS, présenté aussi comme membre honoraire, Président de l'Association des Ingénieurs sortis des Écoles spéciales de Gand, Ingénieur-Directeur des Ponts et Chaussées de Belgique, auteur des projets d'installations maritimes d'Anvers, dont il

a suivi l'exécution dans tous ses détails, et qui nous a reçus avec tant de cordiale effusion lors du récent voyage de la Société en Belgique.

La Table générale des Matières contenues dans les *Bulletins* de la Société, depuis son origine jusqu'en 1884, était depuis longtemps en projet. Notre Président, M. GOTTSCHALK, avait, le premier, reconnu, en 1880, combien ce travail était désirable. Son successeur, M. HENRI MATHIEU, s'en était occupé. Enfin, après plusieurs tentatives que des circonstances particulières ont entravées, votre Comité a bien voulu prendre un parti décisif et confier l'exécution de cette table au zèle de notre Secrétaire-Rédacteur, M. A. MALLET. Grâce à son dévouement, le problème a pu enfin être résolu, et vous venez de recevoir son travail si utile qui, au point de vue de l'exécution typographique, fait honneur à la Maison Chaix.

Après avoir étudié d'une manière approfondie la question complexe des *impressions de la Société*, qui avait déjà attiré, en 1880, l'attention de M. Gottschalk, votre bureau et votre comité ont décidé de les confier désormais à la Maison Chaix. Nous espérons que les effets du traité qui vient d'être signé, dans des conditions avantageuses pour la Société, ne tarderont pas à se faire sentir, et que le soin, la rapidité et le puissant outillage de notre nouvel imprimeur nous permettront de regagner le temps perdu et de mettre bientôt en distribution les Bulletins en retard. Vous recevrez très prochainement, après le Bulletin d'Août, le Bulletin de Septembre dont l'impression présentait de sérieuses difficultés et qui renfermera le Mémoire de M. Bertrand de Fontviolant sur le calcul des poutres continues. Les autres Bulletins suivront à de courts intervalles. Je crois pouvoir en prendre l'engagement.

Les auteurs qui désirent des tirages à part de leurs Mémoires n'ont pas été oubliés. La Maison Chaix les fera jouir, à partir du premier octobre 1885, d'une réduction de 10 pour 100 sur les prix actuels.

Ces réformes étaient urgentes; mais elles n'auraient pu être effectuées sans le concours ferme et éclairé du Comité. Je lui en ai fait tous mes remerciements avant la séance, je les lui renouvelle ici devant vous, et j'espère que vous voudrez bien vous y associer par vos applaudissements unanimes. *(Applaudissements répétés.)*

La Société, sur mon rapport, a accepté, dans sa séance du 16 octobre, le *Legs Fusco*, sous bénéfice d'inventaire, en témoignant en même temps sa reconnaissance à ceux auxquels elle était redevable de ce généreux souvenir, dont la première pensée remonte à notre confrère GEYLER.

Il nous restait un devoir à remplir. Il fallait, avant l'expiration d'une année après le décès de M^me^ Fusco, que la situation de la Société fût parfaitement assurée au point de vue légal. De concert avec nos amis de l'Association des anciens élèves de l'École Centrale, nous avons prié nos Conseils judiciaires de prendre toutes les mesures

conservatoires nécessitées par les circonstances. C'est ce qui a été fait. Nous laisserons donc à cet égard toute sécurité à notre successeur.

MESSIEURS ET CHERS CONFRÈRES,

En terminant ce trop long compte rendu, je dois remercier aussi la Société du fond du cœur pour la sympathie qu'elle m'a constamment témoignée. Grâce à ce concours, j'ai eu le bonheur de me sentir quelquefois au-dessus de moi-même. Tout mon dévouement a répondu à cette sympathie : Je n'avais pas d'autre moyen de la reconnaître.

Et, maintenant, mon cher successeur, asseyez-vous à ce fauteuil et prenez la direction de la grande Société qui vous a appelé à sa tête. Elle représente une grande chose : le travail et l'initiative privée. — Vous le savez mieux que personne. — Elle est déjà âgée de trente-huit ans. Dans un pays qui a de si hautes qualités et de si réels défauts, qui oscille si promptement de l'espérance à la déception, et de la déception à l'espérance, c'est un grand âge. Il y a déjà là un fonds de traditions respectables, une croissance assurée, une vie en plein épanouissement. En travaillant à votre tour à notre prospérité, dites-vous, mon cher Président, que vous travaillez pour la Patrie. Nous vous aiderons, nous vous soutiendrons tous. *(Salves d'applaudissements.)*

M. DE COMBEROUSSE cède le fauteuil à M. HERSENT, qui prononce le discours suivant :

MONSIEUR LE PRÉSIDENT,

Permettez-moi de vous remercier des bonnes paroles que vous avez dites, tant pour la Société que pour moi-même, et de vous marquer toute notre gratitude pour la direction habile que vous avez su donner à nos travaux pendant votre passage à la présidence.

Le voyage en Belgique, duquel j'ai si vivement regretté de ne pouvoir faire partie, est présent à la mémoire de tous, et il serait inutile d'en rappeler le souvenir si je n'y voyais l'occasion de vous adresser, publiquement, un nouvel hommage qui vous est bien dû.

Dans ce petit grand pays voisin et ami, rattaché à notre histoire par tant de liens, nos collègues ont pu remarquer de grandes organisations, faites simplement, comme doivent être faites des choses sérieuses. Il y a toujours beaucoup à apprendre chez les autres ; mais, ce qui ressort le plus des comparaisons qu'on peut établir entre la Belgique et notre chère Patrie, c'est une pratique plus simple des idées libérales et l'éloignement

du « formalisme », que nous introduisons tant dans nos administrations publiques et que nous avons le bon esprit d'exclure de cette enceinte.

La préoccupation de la perfectibilité, l'horreur des entraves et l'amour de la liberté d'agir sont les points communs entre les Ingénieurs de tous les pays et la principale cause de leurs rapprochements intimes.

Vous avez donc bien mérité notre reconnaissance, Monsieur le Président, en dirigeant si admirablement cette excursion qui a resserré nos rapports de confraternité avec les Ingénieurs belges, et je crois être l'interprète de la Société en le rappelant ici.

Permettez aussi que j'adresse un hommage non moins mérité à nos anciens Présidents, à ceux qui ont tracé le chemin, à ceux qui ont amené la Société à l'état de prospérité dont nous jouissons, et qui justifie notre légitime orgueil. (*Applaudissements.*)

MESSIEURS ET CHERS COLLÈGUES,

Vos votes m'ont appelé à présider vos travaux.

Je vous remercie bien vivement de cet insigne honneur auquel j'étais loin de prétendre ; je n'ai point la science que vous possédez tous et je n'appartiens point aux Écoles savantes qui sont la pépinière naturelle de vos Présidents.

Vous avez voulu, en me nommant, honorer le travail libre, en même temps que vous faisiez acte d'indépendance. Je vous en remercie doublement, car l'hommage au travail est un encouragement précieux que vous donnez à tous ceux qui sont sur la route que j'ai parcourue, qui agissent et qui espèrent, et la liberté, l'indépendance dont vous avez fait preuve vous honore comme elle honore celui qui en est l'objet.

MESSIEURS,

Les murs de votre hôtel sont tapissés de souvenirs du travail sous toutes ses formes, les membres de notre Société étant versés dans toutes les professions, depuis l'agriculture qui féconde le sol et tire de la terre les denrées alimentaires, jusqu'à l'industrie qui extrait les matières premières et fabrique les innombrables produits de consommation.

Si la politique est une science, ce que je veux bien croire, je constate qu'elle est peu pratiquée ici, et il ne faut pas nous en plaindre : qu'elle reste consignée à notre porte.

On ne parle ici que des choses intéressant le progrès des méthodes de travail et l'amélioration de la situation des travailleurs; on y respire un

parfum de repos intellectuel et de quiétude d'esprit qui vivifie; enfin, on parle du travail, des producteurs, et, comme c'est un sujet assez vaste, je me hasarderai à vous en dire quelques mots selon mes vues.

Le travail est la somme des occupations intellectuelles ou manuelles que chacun de nous peut et doit produire. L'amour du beau, l'amour du bien, l'amour d'autrui, poussent au travail, et ceux qui obéissent à une de ces impulsions sont des heureux de ce monde.

En général, dans le public, personne ne s'occupe d'eux, le travail est discret de sa nature et ne recherche pas le bruit; les politiciens les laissent à leurs recherches; les ouvriers, les travailleurs proprement dits, ne les envient même pas, car ils les savent occupés comme eux, et souvent un peu plus qu'eux. L'homme de laboratoire ou de cabinet à ses études scientifiques, l'explorateur à la recherche de régions ignorées ou inexplorées, l'ingénieur à la solution d'un problème ou à la construction d'appareils nouveaux ou perfectionnés, tous peuvent travailler autant qu'ils le veulent : on ne peut pas réglementer les efforts de l'intelligence.

Il en est qui meurent à la peine; le public s'en désintéressant assez souvent, seuls, les intimes les regrettent. Mais la postérité est là, qui, infailliblement, rend justice à chacun, et nous avons vu des hommes d'Etat, des orateurs fameux dont les noms tombent vite dans l'oubli, malgré les passions qu'ils ont soulevées, malgré les foules qu'ils ont menées; tandis que le travailleur, méconnu de son vivant, s'impose à tous avec le temps; il n'a peut-être remué qu'une idée, mais elle a été féconde; elle a été une découverte, une conquête de l'esprit qui honore sa patrie et le genre humain.

Dans ces derniers temps, beaucoup de gens se sont occupés des travailleurs, les uns pour les plaindre, les autres pour les critiquer; le thème est inépuisable et je n'oserais pas exprimer une opinion absolue sur une question si considérable et si controversée. Je crains fort que toutes les personnes qui s'occupent tant, et avec passion, de questions aussi importantes, n'aient pas l'expérience et le désintéressement qui les font juger sainement.

Certains semblent trouver que l'industrie demande trop aux travailleurs, en effort physique et en durée de travail;

D'autres disent que les ouvriers d'industrie sont privilégiés, comparativement aux travailleurs des champs, qui sont obligés, bon gré mal gré, de faire l'effort nécessaire pour protéger leurs récoltes contre l'intempérie des saisons.

Les administrations publiques, qui occupent un si grand nombre de travailleurs de toutes sortes, font même une concurrence sérieuse au travail libre de l'industrie.

Le travailleur d'hier peut, aujourd'hui, devenir maître, et chacun, selon ses aptitudes, ses facultés et sa force, peut s'élever dans l'ordre

social. La liberté la plus grande, pratiquée avec sagesse, est, assurément, le principal facteur de ce grand problème.

En général, l'homme soumis à un règlement travaille et s'use sur place, comme une roue d'engrenage, tandis que l'homme d'initiative, qui travaille, améliore notablement sa situation et enrichit son pays.

Les politiciens, les publicistes, les philanthropes s'occupent, à l'envi, de la situation des travailleurs pour l'améliorer; chacun propose un moyen infaillible..... quelquefois plusieurs. *(Rires.)*

L'organisation des syndicats pour la défense des intérêts communs, le développement des Caisses d'épargne, des Caisses de prévoyance ou de retraite dépensent beaucoup de temps comparativement aux résultats obtenus ; le travailleur réellement fort s'en désintéresse assez souvent et fait lui-même ses affaires et l'emploi de ses économies.

Il est évident que si ces associations sont bonnes en elles-mêmes, elles sont insuffisantes pour assurer la situation du travailleur : c'est de l'exercice de ses facultés, dont une sage liberté permet l'épanouissement, que l'homme laborieux doit attendre les plus grands profits ; c'est par l'initiative que le travailleur peut améliorer sa situation et non par la réglementation.

Quand on compare les époques à 20 ou 30 années de distance, on constate qu'il y a amélioration évidente dans la situation matérielle et morale du travailleur proprement dit.

Chacun veut s'en attribuer le mérite : les uns pour obtenir des suffrages, les autres pour vendre mieux leurs productions ou pour gagner la popularité.

Eh bien ! Messieurs, je crois que ce n'est pas là la vérité !

Le bienfaiteur, le protecteur de celui qui travaille, le vrai philantrophe de notre époque, c'est l'Ingénieur !

C'est vous, qui améliorez les méthodes de production ;

C'est vous, qui facilitez les travaux par vos combinaisons ;

C'est vous, qui créez et perfectionnez la machine pour permettre à l'homme, en multipliant sa force à l'infini, de faire un travail considérable, sans effort, à bon marché et bien rémunéré ; c'est vous, qui concevez et dirigez des travaux, réputés impossibles autrefois, et qui s'exécutent, maintenant, avec une certaine facilité.

Il n'y a pas, aujourd'hui, de travaux dans lesquels l'Ingénieur ne vienne au secours de l'ouvrier, par l'intervention de la science appliquée à l'industrie, lui permettant de produire davantage en se fatiguant moins.

Je suis convaincu que ce sont les Ingénieurs, par leur science et leur amour du travail, qui ont, depuis un siècle, le plus contribué au développement intellectuel et au bien-être de l'humanité. *(Applaudissements.)*

Je crains que cette vérité ne soit pas suffisamment reconnue.

Pour vous faire toucher du doigt l'intervention de l'Ingénieur dans une question qui m'est plus familière, celle des travaux publics, je vous

dirai deux mots de l'exposition d'engins de travaux, organisée au Louvre par le Syndicat des Entrepreneurs.

Cette exposition contient naturellement beaucoup de choses intéressantes, mais les renseignements manquent, car on n'y a apporté que des photographies et peu de dessins. Il semblerait que chacun des participants ait voulu garder le secret de son invention.

On y a remarqué, surtout, les dessins du magnifique ouvrage de PERRONNET sur le *Pont de Neuilly* et autres ouvrages du siècle dernier, publiés en 1782-83, avec tout l'outillage dont ce savant ingénieur s'est servi : ses sonnettes à tiraudes, à cheval, ses roues à tympans pour épuiser, etc., etc...

On y trouve les bases d'appréciation du travail fixées d'après le prix du pain; les ouvriers d'alors gagnaient : les manœuvres, 25 à 30 sous; les ouvriers de métier, 40 à 45 sous; la maçonnerie brute coûtait néanmoins 20 francs par mètre cube.

En 1848, les terrassiers manœuvres gagnaient 2 francs à 2 fr. 50 c. par jour et les ouvriers de métier 4 à 5 francs. La maçonnerie à la chaux hydraulique coûtait à peu près le même prix qu'au siècle dernier.

Aujourd'hui, les terrassiers et manœuvres gagnent 40 à 45 centimes l'heure, les ouvriers de métier 60 à 80 centimes, et le prix de la maçonnerie est resté à peu près stationnaire : c'est le résultat de l'intervention d'un meilleur outillage, tant pour la production et le transport des matériaux que pour la mise en œuvre.

Les travailleurs y ont gagné, leur situation s'est améliorée, et cela est la conséquence du travail des Ingénieurs qui ont modifié les méthodes et inventé l'outillage.

A la même époque de 1782, les travaux de fondation, sous l'eau, coûtaient des sommes et un temps considérables, pour des résultats tout à fait incertains.

En 1848, on n'était pas beaucoup plus avancé, sauf qu'on faisait l'épuisement avec des pompes d'un plus facile emploi, mues à la vapeur.

Aujourd'hui, grâce à l'emploi de l'air comprimé et des caissons métalliques, on construit, au milieu de l'eau, avec la même sécurité et la même tranquillité qu'à terre, et avec une dépense très facile à apprécier et qui est souvent inférieure à celle des procédés ordinaires de creusement de fouilles, étaiement et épuisement. Les travailleurs qu'on y emploie sont relativement peu nombreux, on les paie plus cher, ils sont exposés à moins d'accidents : c'est donc une grande amélioration, due encore aux Ingénieurs.

Cette façon de travailler et de bâtir sous l'eau, qui a réellement pris naissance à la fondation des piles du pont de Kehl, est absolument d'origine française, et je crois pouvoir rappeler ici que si M. TRIGER a découvert l'emploi de l'air comprimé, ce sont MM. FLEUR SAINT-DENIS et

JOYANT, ce dernier membre de notre Société, qui ont élaboré les projets des caissons en tôle et des agencements divers.

Je puis encore rappeler que MM. VUIGNER, ingénieur en chef des chemins de fer de l'Est, et PERDONNET, administrateur à la même Compagnie, qui furent nos Présidents, encouragèrent l'innovation de M. FLEUR SAINT-DENIS.

Au pont de Kehl, on fit de grandes installations provisoires et des échafaudages très importants pour le montage, la manipulation des caissons et de la maçonnerie ; les caissons avaient uniformément : 7 m. 30 sur 5 m. 80 et 3 m. 20 de hauteur. La tôle séparative du plafond était au-dessus des poutres; on a fait deux piles de quatre caissons juxtaposés et deux piles de trois caissons.

D'abord, on avait prévu foncer chaque caisson isolément; mais, au moment d'opérer ce fonçage, on les relia entre eux pour les enfoncer d'une fois jusqu'à 20 mètres de profondeur sous l'étiage.

Chargé de l'exécution du travail de fonçage de ces caissons, par les entrepreneurs, MM. Castor et Jacquelot, je puis vous affirmer que, par moments, ce fut une rude besogne.

Il arriva qu'à la première pile, on dût traverser des fascinages, sur une assez grande épaisseur, que les dragues d'extraction pouvaient à peine attaquer; de plus, à 18 mètres de profondeur, la partie inférieure des caissons se détériora. On dût faire des étaiements et des réparations qui réussirent très bien, il est vrai, mais qui causèrent de vives inquiétudes à tous ceux qui s'en occupaient et surtout à ceux qui avaient la responsabilité de ce travail. De temps en temps, il fallait relever le courage des travailleurs, inquiets sur leur sécurité. Enfin, après beaucoup d'ennuis et de travail, on eut la satisfaction de voir les efforts couronnés à la fin de 1859.

Aujourd'hui, l'emploi de l'air comprimé s'est généralisé, et la disposition des caissons, étudiée par M. Castor et moi-même, pour les piles des ponts d'Arles et Saint-Gilles sur le Rhône, est devenue le type le plus employé.

Les ponts construits sur toutes les grandes rivières d'Europe sont fondés par ces moyens. Les Anglais en font usage pour leur grand viaduc de Forth, les Américains l'ont inventé de nouveau pour leurs ponts de Saint-Louis et de Brooklyn, etc.

Jusqu'ici, les plus grands ouvrages entrepris ainsi ont été les bassins de radoub de Missiessy au port de Toulon, lesquels mesurent 5,600 mètres de surface et contiennent chacun 75,000^{m3} de maçonnerie. La profondeur d'immersion n'a généralement pas dépassé 20 mètres, qui ont été atteints partout à Kehl. Au delà de cette profondeur, les tentatives faites ont souvent laissé mauvais souvenirs.

L'emploi de l'air comprimé à la fondation des ponts tend aussi à se généraliser pour la construction des quais sur les rivières et dans les

ports. C'est à présent le moyen de construction naturellement indiqué pour faciliter le travail de l'Ingénieur dans la fondation de ses ouvrages.

Dans ces derniers temps, on a construit des écluses et des barrages sur la Seine, au moyen de ces procédés, qui ont donné des résultats économiques et satisfaisants.

On a élargi encore l'emploi de l'air comprimé, en construisant des cloches pour dérochement ; c'est à l'aide de ce moyen qu'a été dérasée la roche *la Rose*, au port de Brest ; qu'on a approfondi l'entrée du port de Cherbourg. On a pu déraser des radiers, à Brest et à Lorient, et permettez-moi de le dire, dans des conditions comparables, si ce n'est préférable, à ce qu'on vient de faire pour le Flood-Rock, près New-York.

Les travaux de dragages pour le creusement des rivières et des ports ont réalisé des progrès plus grands encore, parce que la machine y tient la principale place.

Le prix de revient, abaissé, permet d'entrevoir l'exécution de travaux gigantesques dont le canal de Suez est un des grands exemples.

Pour l'exécution des grands terrassements, il y a des excavateurs qui piochent le sol et enlèvent le déblai jusque sur les wagons.

Partout, enfin, on voit l'introduction de la machine, et partout aussi, on voit ce grand philanthrope, l'Ingénieur, mettant des chevaux-vapeur ou des forces électriques dans la main des hommes, et multipliant, pour ainsi dire, sans limite, la force et l'intelligence du travailleur, pour l'honneur de la Patrie.

MESSIEURS,

Nous avons déjà un stock de communications très intéressantes pour l'aliment de nos futures séances. Je serais très heureux que l'année soit fructueuse comme ses devancières. Je fais appel au concours de tous.

Les discussions courtoises, les échanges d'idées qui ont lieu dans cette enceinte augmentent surtout le patrimoine scientifique, déjà si riche, de notre pays.

Vous ne l'oublierez pas, MESSIEURS et CHERS COLLÈGUES, et chacun de vous voudra contribuer à l'œuvre commune. (*Applaudissements.*)

M. LE PRÉSIDENT demande s'il y a quelques observations sur les procès-verbaux des séances des 4 et 18 décembre 1885. Ces procès-verbaux sont adoptés.

M. BRÜLL demande à présenter quelques observations relatives à la communication faite le 27 novembre par M. Cerbelaud, sur le sautage des grosses mines à l'aide de la dynamite. L'opinion de M. Brüll a été rapportée à propos du dérasement de Flood-Rock, dans la passe de

Hell Gate à New-York ; mais la forme qui lui a été donnée pourrait induire en erreur ; M. Brüll demande donc à compléter sa pensée. Dans le travail auquel il est fait allusion, on sait qu'un grand nombre de trous de mine étaient pourvus de cartouches destinées à faire explosion par *influence* ou par *sympathie*, dans le voisinage d'autres cartouches munies d'amorces ; on compte ainsi sur l'intermédiaire du corps ambiant. Or, M. Brüll est loin de contester l'exactitude de ce fait, comme pourrait le laisser supposer la forme qui a été donnée à l'expression de son opinion. On sait par expérience que rien n'est plus facile que de faire détoner une mine par influence, à une distance souvent considérable, et il ne doute nullement que le général Newton n'ait réussi à obtenir ce résultat.

M. Brüll affirme seulement que le procédé employé n'est pas à l'abri de toute critique; M. le Président en a déjà signalé quelques points. M. Brüll peut indiquer particulièrement deux critiques qui lui paraissent irréfutables :

1° Pendant dix ans, on a entretenu, dans des conditions très difficiles, une galerie sous-marine qui, en bien des points, n'avait pas plus de 2 à 3 mètres d'épaisseur, dans une roche qui était fissurée; il y a eu là une cause d'énormes dépenses.

2° Le principe des explosions par influence a obligé à garnir d'explosif, non seulement les trous de mine, mais également une certaine partie en saillie, de manière que ces cartouches puissent recevoir la percussion à travers l'eau. Il est clair que, dans ces conditions, il y a gaspillage d'explosif et, par suite, d'argent, dans des proportions qui ne seraient guère admises par les ingénieurs français.

M. Cerbelaud répond qu'il n'a pas voulu dire autre chose que ce que vient d'exposer M. Brüll; l'explosion par influence est un fait certain, indéniable, mais qui cependant, dans le cas de Hell Gate, lui a paru susceptible d'être critiqué.

Le fait sur lequel M. Cerbelaud a surtout voulu insister, c'est le gaspillage considérable de matière explosive auquel a été conduit le général Newton par le procédé consistant à remplir complètement d'explosif la capacité des trous de mine et même à faire émerger cet explosif au dehors.

M. le Président a le regret d'annoncer le décès de MM. Blanche, Coullaut et Flaud. Il a, d'un autre côté, la satisfaction d'annoncer les promotions dans l'ordre de la Légion d'honneur, de MM. Arbel et Clémandot comme officiers, MM. Bariquand Emile, Biarez, Marsillon Léon, Mercier Gustave, Michaud Edmond, Mulot, Schabaver et Vian comme chevaliers; MM. Charpentier Paul, Geneste et Henry Lepaute, officiers d'Académie.

M. Henry Lepaute a été également nommé chevalier de l'Ordre de la Couronne d'Italie.

La séance est levée à 10 h. 1/2.

Séance du 22 Janvier 1885.

PRÉSIDENCE DE M. HERSENT

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 8 janvier est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le regret d'annoncer à la Société les décès de MM. Clair, Lancel et Sordoillet.

M. LE PRÉSIDENT annonce ensuite la promotion de M. Dumont, directeur de la Société anonyme des Papeteries du Marais et de Sainte-Marie, au grade d'officier de la Légion d'honneur, et la nomination de MM. Bouissou, ingénieur du matériel fixe des Chemins de fer de l'Ouest, et Brunon, maître de forges, comme chevaliers du même Ordre.

M. Eiffel a reçu la croix de commandeur de l'Ordre du Cambodge, pour ses travaux en Cochinchine ; de plus, la Société d'encouragement lui a décerné le grand prix fondé en 1867 par M. Elphège Baude pour les constructions en fer les plus importantes.

M. LE PRÉSIDENT a lui-même reçu le grand cordon de commandeur du Cambodge. *(Applaudissements.)*

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Fleury, qui a bien voulu offrir à la Société, de la part de M. Dartein, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, un très intéressant ouvrage sur la vie et les œuvres de M. Léonce Reynaud.

La Société a également reçu de M. Leygue, membre de la Société, un exemplaire de son mémoire relatif à une nouvelle Mcherche sur la poussée des terres et le profil de revêtement le plus économique; ce Mémoire, qui contient de nombreux dessins, a été publié dans les *Annales des Ponts et Chaussées*, et sera certainement consulté avec beaucoup d'intérêt par les ingénieurs qui s'occupent de ces questions; des remerciements seront adressés à M. Leygue.

M. LE PRÉSIDENT annonce qu'une communication extrêmement intéressante va être faite par M. Seyrig, sur le double pont-route Luiz Ier, construit par lui sur le Douro, à Porto, en association avec M. Valentin (1).

M. LE PRÉSIDENT a eu la bonne fortune, en se privant de faire l'excursion en Belgique, de visiter, avec M. Seyrig, l'ouvrage dont il s'agit, et de voir en même temps le pont établi antérieurement sur le même fleuve par M. Eiffel, et à l'exécution duquel M. Seyrig a également collaboré.

Ces deux ouvrages présentent le plus haut intérêt, non seulement par leurs proportions grandioses et par le paysage qui les entoure, mais encore par les moyens originaux qui ont été employés pour les construire.

M. LE PRÉSIDENT constate que les applaudissements de l'assemblée disent assez à M. Seyrig l'intérêt qu'elle a pris à sa communication. M. Seyrig, non seulement a parfaitement rendu compte de son œuvre et montré qu'elle s'inspirait des principes de l'école française, mais il a en outre très exactement analysé les grands projets présentés au concours. Son travail est très intéressant. Le nom de M. Eiffel, qui a pris part aux premiers travaux de ce genre, ne doit pas être oublié dans cette circonstance. C'est évidemment l'enseignement de l'École Centrale qui a été la source de ces grandes conceptions qui font honneur à notre pays.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Seyrig et renvoie à une séance ultérieure, où elles viendront plus utilement, les questions ou observations qu'on pourrait avoir à présenter.

MM. d'Allest, Bobet, Beau, Bovet, Bonnami, Cauchy, Chomienne, Decauville, Dubost, Hinstin, Kœchlin, Luchaire, Parrot, Pinget de Ribes et Rospendowski, ont été reçus membres sociétaires, et MM. Dumas et Lecouffe membres associés.

La séance est levée à onze heures.

---

(1) Voir le Mémoire page 627.

MÉMOIRE

SUR LE

PONT-ROUTE LUIZ I^ER A PORTO

PAR M. T. SEYRIG

La ville de Porto présente, par sa position sur les rives escarpées d'un grand fleuve, une topographie toute particulière. Très riche, au centre d'une région de grande production agricole, elle groupe sur les bords de cette rivière un nombre considérable de commerçants. En face d'elle, sur la rive opposée, est une autre ville, Villanova de Gaïa, centre de la fabrication et du commerce des vins si renommés de Porto, qui contribuent pour une part énorme à la richesse du pays. Sur les collines, au-dessus de ces centres d'activité, s'étendent d'une part les quartiers neufs de la ville, avec une banlieue immense; d'autre part, la campagne de Gaïa, très peuplée, et dont les relations avec Porto sont incessantes.

Jusqu'aujourd'hui les communications entre les deux rives du fleuve, peuplées de plus de 150,000 âmes, ne se faisaient que par un seul vieux pont suspendu, remontant aux premiers temps de l'invention de ce type d'ouvrage, et construit, il y a près de cinquante ans, par un Français, M. Lucotte. Le danger que présente ce pont est reconnu depuis longtemps, et la nécessité de son remplacement était évidente pour tous. Mais ce remplacement constituait un problème difficile. L'ancien pont occupe l'endroit où la rivière est la moins large, et partout ailleurs il semble impossible de trouver le moyen de poser les fondations d'un ouvrage semblable. Le gouvernement se refusait à une recons-

truction du pont suivant le même système, aujourd'hui condamné; et d'un autre côté, même à cet endroit où les rochers des deux rives se rapprochent le plus, on ne croyait pas à la possibilité de franchir la rivière par un pont rigide, vu la profondeur très grande et la nature du fond de la rivière, qui ne devait permettre l'établissement d'aucun point d'appui intermédiaire.

On en était là, cherchant et étudiant, lorsque la construction du pont du chemin de fer voisin, le pont Maria Pia, vint démontrer la possibilité incontestable de franchir des portées analogues à celles dont il s'agissait, sans piles en rivière. La description de ce pont a été faite devant la Société (1) et nous nous bornons à rappeler ici qu'il livre passage à la voie ferrée par une arche de 160 mètres d'ouverture, le rail étant à une hauteur de 62^{m},40 au-dessus de la rivière.

Cette construction, dont le succès fut complet, décida le gouvernement à entreprendre un ouvrage analogue, pour livrer passage à la route qui réunit les deux villes. Après de longues discussions, passionnées par suite des intérêts contradictoires des habitants de la ville haute et de la ville basse, il résolut de donner satisfaction aux uns et aux autres, et d'établir un pont à deux tabliers situés à 50 mètres l'un au-dessus de l'autre. C'est à l'ouvrage, exécuté en conséquence de cette décision, que nous consacrons la présente notice.

I

Le concours annoncé par le Journal officiel du gouvernement était un appel adressé à tous les constructeurs, à l'effet d'interpréter le mieux possible un programme large, mais bien défini, dont nous allons donner un résumé succinct.

L'ouvrage devait assurer la liaison des deux rives du fleuve, premièrement, par une route dont le tablier devait laisser une hauteur libre de 10^{m},70 au moins pour la navigation fluviale, et, en second lieu, par une route placée à 60 mètres de hauteur au-dessus du fleuve, aux culées. Il devait franchir le fleuve au moyen d'une poutre ou arche unique, sans piles intermédiaires, et la distance d'axe en axe des piles-culées était fixée à 180

(1) Voy. Mémoires 1878, page 741.

mètres. La chaussée du bas devait avoir une largeur libre de 8 mètres, et celle du haut 6 mètres seulement, La distance entre les culées de ce tablier haut était d'environ 390 mètres. Les chaussées devaient être empierrées, et chaque tablier devait pouvoir porter, outre son poids, une surcharge de 2000 kilog. par mètre courant..

Passant sur de moindres détails, nous dirons seulement que l'on exigeait que, sous les efforts maxima, le travail des fers ne dépassât pas 6 kilogrammes par millimètre carré, section des rivets déduite. Le métal employé devait être d'excellente qualité, mais un lapsus évident fixait sa résistance minima à 32 kilogrammes, et l'allongement à 10 %, deux conditions qui ne sont guère corrélatives.

C'est en réponse à un appel ainsi formulé que, le 12 novembre 1880, dix constructeurs présentèrent leurs offres et leurs projets. On trouvera, pensons-nous, un certain intérêt dans la comparaison des solutions proposées sur une donnée identique, et qui offrent une variété de conceptions assez remarquable.. Nous allons les énumérer en les groupant suivant les types qu'ils employaient.

Les plus nombreux, ainsi qu'il fallait s'y attendre, étaient ceux qui proposaient l'emploi d'un arc métallique.

La Société des Batignolles projetait un arc de 172 mètres de portée et de 8 mètres de hauteur aux naissances (voy. Fig. 3, Pl. 111). Cette hauteur diminuait de 1 mètre à la clef, restant à 7 mètres, mais dépassant en ce point assez notablement le niveau du tablier supérieur. Le treillis de l'arc se composait de montants verticaux et de diagonales dirigées dans un seul sens, c'est-à-dire, descendant vers le milieu de l'arche. Près de la clef seulement, ces barres croisaient sur une certaine étendue.

L'arche avait cette particularité d'être munie d'appuis aux retombées à la fois à l'intrados et à l'extrados. Elle devait donc travailler comme un véritable arc encastré.

Le tablier supérieur était continu des culées jusqu'à ses appuis sur l'arche. Il reposait sur celle-ci, en outre de son extrémité, par une palée de peu d'élévation.

Son passage dans l'arc, qui le dépassait en hauteur, se faisait par des travées de plus faible dimension. — Le tablier inférieur,

formé de deux poutres de 2m,60 de hauteur, était subdivisé en six travées, par des suspensions fixées à l'arc. Ces suspensions étaient destinées à être de simples tiges verticales, sans rigidité propre. Le tablier lui-même, devant subir d'une façon notable l'influence du vent sur sa surface verticale, était garanti contre ses effets par l'emploi de deux contre-fiches latérales à chaque extrémité, contre-fiches qui devaient s'attacher à 30 mètres en avant des culées, et s'ancrer latéralement à celles-ci par des massifs spéciaux en maçonnerie. Cette disposition eût empêché sans doute les oscillations dues au vent, mais elle avait pour effet immédiat d'empêcher la libre dilatation du tablier inférieur. Aussi avait-on supposé celui-ci coupé au milieu de sa longueur et muni en ce point d'appareils de dilatation.

Le poids de métal entrant dans cet ouvrage devait être de 3 200 tonnes, et son prix était de 2 400 000 francs, lequel ne comprenait pas la partie ornementale des piles-culées.

Les lignes générales de ce projet sont certainement heureuses. La surélévation de l'extrados, qui dépasse seul la ligne générale du tablier supérieur, peut cependant, semble-t-il, fournir matière à quelque critique, d'autant plus qu'en ce point l'entretoisement et le contreventement des arcs doivent disparaître tous deux, ce qui est à éviter en des points aussi importants. Ce qui paraît plus grave, c'est l'encastrement de l'arc aux naissances, cet encastrement se faisant sur des maçonneries en élévation. Or, la poussée d'un arc semblable est énorme, et les effets de la dilatation, variables d'un instant à l'autre, ont également une importance dont on ne se fait pas *a priori* une idée précise. Il serait à craindre que, sous la puissance de ces efforts, une masse de maçonnerie, qui n'a que 8 mètres d'épaisseur, ne puisse résister à la longue. L'arc lui-même aurait gagné en aspect, croyons-nous, si les treillis avaient été disposés par croix de Saint-André, car il y a quelque chose de choquant à voir des barres obliques qui à la clef descendent vers le milieu de l'ouverture, se relever peu à peu, devenir horizontales, et se trouver aux naissances occuper une direction inverse, c'est-à-dire montant vers la clef.

Un second projet en arc était présenté par M. Am. Ende pour être exécuté sur ses plans par MM. Handyside et Cie, de Derby. La forme

qu'il propose est originale (voy. Fig. 5 Pl. 111). La rivière est franchie par une arche de 172 mètres d'ouverture, dont l'intrados est sensiblement parabolique, mais dont l'extrados est formé, pour chaque moitié de l'arche, de deux parties droites. Les deux membrures, ainsi formées, sont constituées par des poutres à petit treillis, et elles sont reliées entre elles par un treillis à plus grandes mailles. A la clef, les deux moitiés de l'arc se rejoignent par une partie de hauteur beaucoup moindre ; aux retombées, elles reposent sur la maçonnerie par de larges surfaces d'appui, constituant un encastrement.

La distance entre les arcs est de $6^{m},50$ à la clef, et de 18 mètres aux retombées. La voie supérieure passe entre les membrures, sur les 110 mètres de la partie horizontale de l'extrados; au delà, à droite et à gauche, des tabliers spéciaux les raccordent avec les culées.

Ces tabliers ont une disposition très particulière, en ce que leurs poutres font partie intégrante des piles métalliques qui les supportent. Les trois grandes piles sont encastrées à leur appui, elles sont étroites à la base et s'élargissent à mesure qu'elles s'élèvent, le point de jonction avec les tabliers étant celui où la largeur de la pile ainsi que la hauteur des poutres sont les plus grandes. Il en résulte un aspect qui rappelle un peu celui d'un arbre qui étend ses branches à droite et à gauche. Les poutres du tablier lui-même sont à treillis simple.

La grande hauteur de ces piles permet leur oscillation, sous l'effet de la dilatation du tablier. Mais sur la rive droite, il existe, par suite de a configuration du terrain, deux autres supports beaucoup moins élevés. En ces points, le déplacement dû à la dilatation est beaucoup plus grand, et on ne pourrait compter sur la flexion des supports. On a en conséquence terminé leur partie inférieure par des appareils de dilatation, la poutre conservant sur ces appuis sa forme considérablement élargie.

Le tablier inférieur est formé de 12 travées de 15 mètres chacune; les suspensions, au nombre de 11, sont de simples tiges, ce qui nécessite une construction rigide du tablier inférieur.

Le poids du métal était évalué à 3 254 tonnes, et le prix était de 2 030 000 francs.

Ce projet paraît établi sur des bases extrêmement logiques,

mais il est à peu près certain que, mis à exécution, son aspect eût été peu satisfaisant. On peut douter que l'œil arrive à se déclarer satisfait de piles dont la largeur augmente vers le haut, de même qu'il eût été singulièrement choqué par la vue des tiges de suspension qui devaient converger des divers points d'une arche de largeur variable, aux attaches partout équidistantes sur le tablier inférieur. Il en résultait deux surfaces gauches nettement accusées, dont l'effet eût été fort disgracieux. Au point de vue de la construction, on peut approuver les dispositions de la grande arche qui se soustrait en grande partie, par sa hauteur réduite à la clef, aux effets de la dilatation, ce qui est important surtout à l'égard de l'encastrement aux naissances. La matière se distribue fort logiquement dans un arc de cette forme, et il semble qu'il en doive résulter une assez notable économie. Le poids indiqué pour la construction ne justifie pas cet espoir, et l'on a le droit d'en être d'autant plus surpris, quand on remarque que, par suite d'une erreur d'interprétation des conditions, on avait calculé l'arc pour 2 800 kilog. de surcharge seulement, au lieu de 4 000 kilog. pour l'ensemble des deux tabliers. L'argument capital qui paraît avoir fait rejeter ce projet est le manque de résistance au vent du tablier inférieur.

Un troisième projet, comportant l'établissement d'un arc, est celui de M. Eiffel (voy. Fig. 2). Cet arc ressemblait dans son ensemble à celui du pont Maria Pia, mais les proportions s'écartaient notablement de celles de ce premier pont sur le Douro. La hauteur de l'arc est constante et égale à 5 mètres, sauf dans le voisinage immédiat des retombées, où elle diminue pour se terminer par des rotules. En ce point, l'écartement des deux fermes de l'arche n'est que de 12 mètres. Toutefois, en ces points les membrures de l'arc se partagent en deux, constituant ainsi des sortes de consoles, dont la largeur d'appui est de 5 mètres, et destinées à résister à la poussée latérale du vent, par suite de l'absence obligatoire des contreventements en ce point. Le passage du tablier inférieur à travers l'arc ne permet pas en effet la continuation des contreventements des membrures.

Le tablier supérieur est composé de trois parties distinctes. A droite et à gauche des piles de rive, ce sont des grandes tra-

vées qui rejoignent les culées; au milieu, sur les 180 mètres d'ouverture entre piles-culées, les travées sont beaucoup plus petites, n'ayant que $9^m,475$ chacune. Ces travées correspondent à celles du tablier inférieur, à chaque palée supérieure correspondant une suspension du tablier inférieur. Les poutres du haut sont continues, mais de hauteur variable, pour obtenir la forme d'une série d'arcades. Cette disposition est rappelée à l'œil par un entretoisement placé vers la mi-hauteur des palées, qui les relie dans le sens horizontal, les rattachant à la fois à l'arc et à la pile voisine.

Les suspensions du tablier inférieur sont écartées de $6^m,30$ seulement; la route devant avoir 8 mètres de largeur totale, les trottoirs se trouvent ici disposés en encorbellement, en dehors des suspensions. Ces tiges sont sans contreventement transversal; un arc léger les relie à mi-hauteur dans le sens longitudinal, et va se rattacher à ses extrémités à l'intrados de l'arche principale.

Les deux grandes piles-culées reposent sur des soubassements importants en maçonnerie, entre lesquels passe la route inférieure.

Le poids du métal prévu pour cette construction est de 2 825 tonnes; le prix en était de 1 760 000 francs.

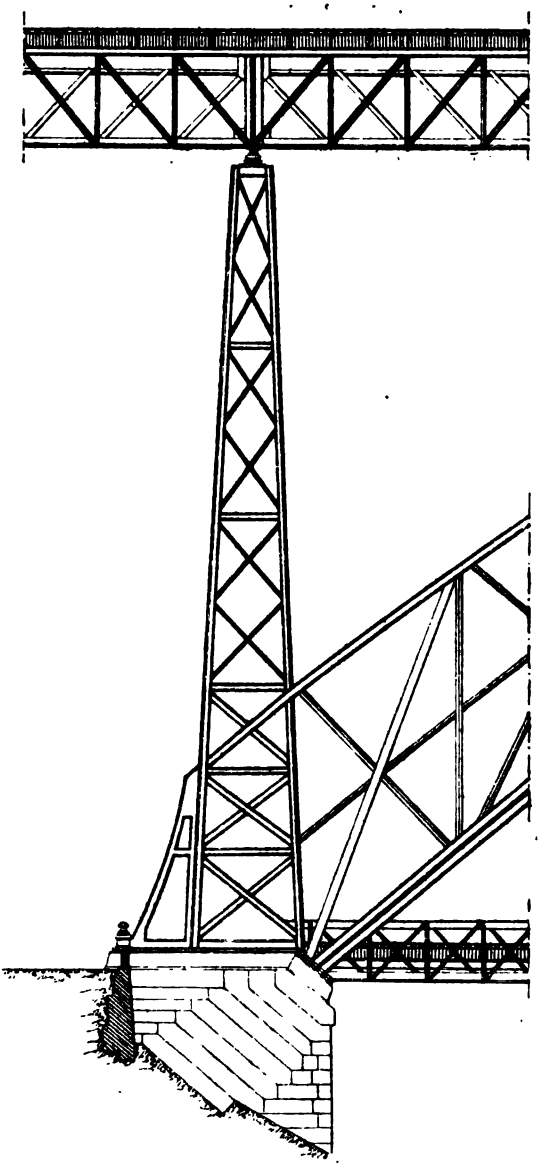
Un autre projet avec grand arc était présenté par la maison Cail et C^ie^ (Fig. 7, Pl. 111). Il était la reproduction presque textuelle du pont Maria Pia, avec l'addition d'un tablier inférieur en 9 travées. Ce tablier faisait passer la route entre les deux fermes de l'arc, ce qui obligeait à en supprimer les contreventements en ce point où leur présence est la plus nécessaire. Ils n'étaient remplacés par aucune disposition additionnelle, ce qui laissait subsister un doute sérieux sur la stabilité de l'arc. Dans ce projet encore, les tiges de suspension du tablier étaient sans contreventement les reliant, et leur ensemble constituait pour chaque ferme une surface gauche dont l'effet eût été sans doute disgracieux.

Ce projet évaluait le poids à 3 306 tonnes; le prix de l'ouvrage était de 1 530 000 francs.

Restaient enfin deux projets avec arcs présentés par la Société de Willebroeck, l'un desquels fut choisi pour l'exécution. Nous le décrirons en détail plus loin. Nous avons peu de mots à dire sur

PROJET N° 2 DE LA SOCIÉTÉ DE WILLEBROECK

Encastrement du grand arc



Échelle 0,002 par mètre.

l'autre qui différait du projet définitivement adopté seulement par la disposition des retombées de l'arc. Tandis que le projet exécuté fait reposer l'arche principale sur des rotules aux naissances, celui-ci l'encastrait en ces points (voy.Fig., p. 45), le confondant en quelque sorte avec la base de la pile-culée de chaque côté de la rivière. Il devait résulter de là une très grande sécurité et une assez notable économie dans les poids calculés pour résister aux charges verticales. Mais il se trouva que, vu la forme de l'arc dont le moment d'inertie était considérable, les efforts dus à la température variable devenaient très exagérés et nécessitaient l'addition d'un poids considérable de métal. De plus, il se trouva que, par suite de la disposition de l'encastrement, la corde de l'arc passait de 172^{m},50 à 189^{m},70,d'où une forte augmentation dans le poids. En effet, le devis faisait monter. ce poids à 3 500 tonnes, et le prix à 2 480 000 francs.

A côté de ces projets, qui employaient la forme rationnelle et élégante de l'arc pour franchir la rivière, s'en trouvait un qui avait le même aspect, mais dont la construction était pourtant radicalement différente. Le projet de la Société de Braine-le-Comte admet l'emploi d'un bowstring de 180 mètres de portée et de 46 mètres de flèche (Fig.4, Pl.111).Le tirant de cette poutre forme naturellement les poutres secondaires du tablier inférieur. Il est divisé en neuf travées par les suspensions ou plutôt les montants verticaux de la poutre principale. Il est constitué par un treillis dont la hauteur entre membrures est de 4 mètres. La distance entre les fermes est de 8^{m},80, trop faible pour donner la résistance convenable aux efforts du vent. Elles doivent nécessairement reposer sur des appareils de dilatation dont la constitution offre de sérieuses difficultés, vu les charges énormes qui viennent s'exercer en ces points.

Les tabliers supérieurs sont, comme dans d'autres projets, différents suivant leur position. Au-dessus de la ferme principale, ce sont de petites travées de 20 mètres , dont les piles de support correspondent aux suspensions du tablier inférieur. En cet endroit, les poutres n'ont que 3^{m},50 de hauteur; elles forment garde-corps de la chaussée. Au delà des piles-culées, les travées sont beaucoup plus grandes, ayant jusqu'à 55 mètres, ce qui nécessite l'em-

ploi de poutres de 4m,80 de hauteur. Les piles sont métalliques, à l'exception de la plus petite.

Ce projet pesait 3 342 tonnes, mais une grande partie de la construction était prévue en acier, jusqu'à concurrence de 446 tonnes. Or, la Commission d'examen jugea que l'emploi de ce métal n'était justifié ni par les conditions du cahier des charges, ni par les résultats jusqu'alors acquis dans la construction. Il fut donc décidé que, pour être admissible, ce projet devait remplacer l'acier par du fer, ce qui eût augmenté encore le poids d'au moins 160 tonnes, le poids devenant ainsi de 3 500 tonnes.

Il est à remarquer combien, malgré l'emploi prévu d'une quantité de métal plus considérable que dans les autres projets, l'aspect de l'ouvrage reste maigre et ne donne pas l'impression d'une œuvre imposante.

Parmi les autres projets, trois propositions rentraient dans la catégorie des ponts droits. L'un, présenté par la Société Schneider et Cie, du Creusot, est constitué par une poutre inférieure, de 175 mètres environ de portée (Fig. 1, Pl. 111), à l'intérieur de laquelle passe la route basse. Cette poutre a 12 mètres de hauteur aux extrémités, et 20 mètres au milieu, le type étant celui dit semi-parabolique. Elle se subdivise en 12 panneaux de 15 mètres de longueur, sauf aux extrémités, et ces panneaux sont occupés chacun par une croix de Saint-André. La largeur entre fermes est de 9m,10.

Ce premier tablier supporte le pont supérieur, au moyen de palées écartées de 30 mètres. Cette ouverture des travées est conservée au delà de la partie correspondante à la rivière, à droite et à gauche, le viaduc de la rive droite ayant seul des travées plus grandes et des poutres plus hautes. Celles de la partie principale ont 3 mètres de hauteur et sont distantes d'axe en axe de 3m,83.

L'ensemble de cette construction était prévu en acier; le poids devait en être de 2 182 tonnes et le prix de 1 690 000 francs. L'emploi de l'acier n'avait pas été prévu dans une aussi large mesure par le cahier des charges; aussi fut-ce un des arguments allégués péremptoirement pour refuser ce projet. Mais d'autres raisons encore contribuèrent à ce rejet. Parmi elles, au dire de la Commission d'examen, était la difficulté de transmettre aux appuis les efforts du

vent, qui se traduisaient ici en une forte torsion du tablier inférieur. Les vibrations du pont devaient être considérables, vu le poids réduit de l'ouvrage. Enfin, les dénivellations que pouvait subir le tablier supérieur par suite des flèches prises par celui du bas, devaient influer défavorablement sur la résistance du premier. Ces raisons ne nous paraissent pas absolument décisives, surtout la dernière, la hauteur de la poutre supérieure étant beaucoup moins grande que celle sur laquelle elle repose. Nous préférons croire que la question d'aspect est la principale qui a fait écarter ce projet, la forme en arc étant incontestablement bien plus gracieuse que celle de n'importe quelle poutre droite.

Un autre type de pont, rentrant de loin dans la poutre droite, était présenté par la Compagnie de Fives-Lille (Fig. 9, Pl. 111). Ce projet très original résolvait victorieusement, semble-t-il, la question de prix, car il donnait lieu à la dépense la moins forte de beaucoup, l'estimation ne se montant qu'à 1 219 000 francs pour un poids de métal de 2 300 tonnes, très inférieur à tous les autres.

Le pont devait consister en quatre grandes contre-fiches légèrement cintrées appuyées aux culées, inclinées à 45° et constituant les appuis du tablier supérieur, éloignées de 90 mètres. Les pieds de ces contre-fiches sont écartés de 16 mètres, leur hauteur est de $3^{m},20$ et au sommet leur distance est de $5^{m},30$. En ce point, elles se transmettent leur poussée par une membrure horizontale, ce qui fait que leur ensemble a une analogie lointaine avec un arc. Au même point, des suspensions verticales servent d'attache au tablier inférieur, et des tirants obliques vont au milieu de celui-ci lui servir de support central; en même temps ils soutiennent une palée qui constitue l'appui du milieu du tablier supérieur. L'un et l'autre tablier se trouve ainsi divisé en travées de 45 mètres d'ouverture. Pour assurer toutefois l'indéformabilité complète de ce système, sous les surcharges accidentelles, les panneaux rectangulaires du milieu, constitués par les poutres supérieures et inférieures et par les montants, sont armés chacun de contre-tirants qui complètent la croix de Saint-André. L'ensemble acquiert ainsi la forme d'une poutre armée, à laquelle elle est assimilable sous plus d'un rapport.

La membrure qui relie les têtes des contre-fiches se raccorde

également avec les poutres qui s'étendent à droite et à gauche jusqu'aux culées supérieures. Elles ont $4^m,50$ de hauteur, comme celles du tablier inférieur. Celui-ci a une largeur de $9^m,30$ entre poutres, afin d'assurer à cette partie de la construction une rigidité aussi grande que possible.

Le système que nous décrivons frappe évidemment par sa grande simplicité. On peut se demander toutefois si, après exécution, les conditions nécessaires pour réaliser les hypothèses faites dans le calcul existeront. Ainsi les grands tirants obliques des panneaux du centre, lesquels ont environ 63 mètres de longueur chacun, pourront-ils être convenablement tendus au degré voulu? Il n'y aurait rien d'impossible à ce que l'une des parties du pont eût une température différente de l'autre. N'en résulterait-il pas des déformations fâcheuses et des efforts également préjudiciables? Une triangulation, dans les proportions où elle est ici projetée, nous paraît entraîner quelques incertitudes qui semblent également avoir frappé la Commission d'examen. Quant au fait qu'elle annonçait, qu'il eût fallu augmenter de 600 tonnes le poids du pont pour le rendre conforme au programme, nous n'avons naturellement pas pu le vérifier.

Nous ne ferons qu'une brève mention d'un autre projet à poutres droites présenté comme variante par la Société des Batignolles. Il partageait l'ouverture centrale en trois travées au moyen de deux piles en rivière. Le pont se réduisait ainsi à un tablier inférieur avec travées de 60 mètres, et un tablier supérieur pareil dans l'étendue de la rivière et avec des travées plus petites à droite et à gauche. Ce projet était estimé 2 millions de francs. Il fut écarté sans examen comme ignorant entièrement le programme, mais on put remarquer qu'il ne présentait en réalité aucun avantage de prix sur la moyenne des projets en arc sur lesquels il aurait dû avoir une avance.

Il nous reste à parler de deux projets qui s'éloignaient complètement des types connus, et qui étaient évidemment conçus dans l'intention de s'adapter uniquement aux conditions toutes spéciales du terrain, et en particulier aux difficultés du montage.

M. John Dixon proposait (Fig. 8, Pl. 111) l'emploi de contre-fiches incli-

nées, qui devaient supporter un arc léger, supérieur, dont la portée n'était plus que de 95 mètres. Cet arc se prolongeait en arrière de ses appuis sur les contre-fiches par des parties droites, jusqu'à la rencontre des piles de rive, où elles s'amarraient. Il en résultait que chaque contre-fiche portait une sorte de console double, les deux centrales se rejoignant au milieu de l'ouverture. Cette poutre, de hauteur très variable, recevait également les suspensions du tablier inférieur, lequel se trouvait partagé par ces tiges en 16 travées fort inégales, variant de $8^{m},90$ à $25^{m},20$. Au delà des piles, le tablier se prolongeait par travées de 27 mètres sur la rive droite et de 40 mètres sur la rive gauche. Les piles étaient toutes tubulaires, en tôle, avec remplissage de béton sur toute leur hauteur.

Les grandes contre-fiches, qui caractérisent ce projet, n'étaient cependant pas placées de façon à répondre au programme, mais bien de façon que la distance de leurs pieds ne représentât qu'un débouché de 166 mètres. Leurs appuis étaient conséquemment assez bas pour que les crues connues pussent les noyer de 7 mètres environ. Ces conditions suffisent pour faire écarter le projet. Son auteur avait déclaré que si l'on voulait absolument rester pour l'écartement de ces contre-fiches dans les conditions du programme, il en résulterait une augmentation de 250 000 francs. Tel quel, le prix en était de 2 600 000 francs, le plus coûteux de tous ceux présentés. Le poids de métal prévu était de 4 063 tonnes.

Ce projet, d'après ce que nous a dit l'auteur, était conçu sous l'idée prédominante de faciliter autant que possible le montage. A cet effet, il proposait de mettre en place d'abord les tabliers latéraux, puis de faire le montage des contre-fiches dans une position verticale, parallèle aux piles principales. Arrivé en haut, on aurait monté, en partie sur les tabliers supérieurs, mais déjà rattachées à la tête de la contre-fiche, les parties extrêmes de la poutre courbe constituant l'arche du milieu. On aurait ensuite incliné les contre-fiches en les retenant par l'intermédiaire de ces demi-fermes, et enfin monté en porte-à-faux les parties centrales jusqu'à leur jonction à la clef. Ce procédé ne manquait pas d'une certaine logique, mais il faut craindre que, dans des circonstances semblables, la manœuvre des colonnes de cette importance ne se

ferait pas sans de sérieuses difficultés. Ce qu'il faut louer, c'est la préoccupation, dès la rédaction du projet, de trouver des moyens pratiques pour l'exécution, qui présente toujours quelques difficultés spéciales dans les grands ouvrages.

Enfin un dernier projet, présenté par M. Lecocq, de Hal, offrait une combinaison assez hétérogène de parties funiculaires et de parties rigides (Fig. 6, Pl. 111). Les piles de rive, très importantes, s'élargissaient dans le haut en forme de consoles, de 30 mètres de portée, de chaque côté. Il restait ainsi la place au-dessus de la rivière pour une travée de 120 mètres, qui était traitée comme un bowstring renversé. A droite et à gauche, les travées de rive étaient également des bowstrings renversés. Les piles de rive servaient de points d'attache à des tirants obliques qui se rejoignaient en des points tels qu'ils formaient les appuis de trois poutres paraboliques franchissant la rivière pour le tablier inférieur. Les tirants étaient soutenus eux-mêmes par une multitude de tirants secondaires verticaux dont l'ensemble constituait un réseau compact, très désagréable à l'œil, et dont l'emploi ne se justifiait pas. Ce projet, du prix de 1 850 000 francs, fut naturellement écarté, comme offrant trop peu de garantie comme stabilité, et un manque complet d'élégance.

Quelques réflexions toutes naturelles sont suggérées par cette description rapide des projets présentés au concours. On s'étonne tout d'abord de l'ostracisme dont paraît avoir été frappé, *a priori*, l'emploi de l'acier. Il en était fait mention au programme, mais d'une façon peu précise. Quand il s'est agi d'appliquer la clause qui en parlait simplement en disant qu'on lui attribuerait un coefficient de travail en rapport avec sa qualité, le jury d'examen trouva que cela devait équivaloir à une interdiction de l'employer en grand pour la constitution des parties principales de l'ouvrage. La raison alléguée pour cela était le trop peu de certitude que l'on pouvait avoir à l'égard des qualités de ce métal qui n'était, nulle part encore, admis dans les grands ouvrages au même titre que le fer.

Il nous semble cependant que, pour un ouvrage de cette nature, c'était la véritable occasion de provoquer l'emploi de l'acier, ou tout au moins de l'admettre au concours, quitte à l'écarter par des arguments positifs si l'on n'était pas entièrement satisfait à

l'égard de son mode d'emploi. On reprochait, il y a peu de temps de cela, à l'acier, son manque d'homogénéité et sa fragilité sous les chocs, quand il avait subi un travail de forge ou de poinçonnage. Voici cependant plus de dix ans qu'il est entré couramment dans la confection des navires, et que les constructions navales ont su l'approprier à tous leurs besoins les plus variés. Dans les grandes fermes que comportaient tous les projets, le métal travaille surtout à la compression, et il n'est soumis à aucune vibration appréciable, vu la nature et l'éloignement des points d'application des charges. Nous ne voyons vraiment pas ce qui pouvait, dans ces conditions, constituer un danger, et notre opinion s'est trouvée corroborée, à peu près vers la même époque, par la décision prise par M. Baker de l'employer exclusivement au pont du Forth dans des proportions gigantesques. Or, de son emploi, il fut certainement résulté ici une fort notable économie, malgré le prix encore élevé qu'il atteignait à l'époque du concours. Non seulement on aurait pu élever notablement le coefficient de travail, mais le poids mort joue dans un ouvrage de cette portée un rôle tellement considérable qu'il n'est pas téméraire de dire que les poids de la grande arche eussent pu être diminués de 35 à 40 pour cent, sinon davantage. Non seulement cela, mais le montage d'un ouvrage plus léger en aurait sans doute été suffisamment affecté dans un sens favorable, pour qu'une nouvelle réduction de prix en fût résultée. Sous le rapport de l'économie, il eût donc été désirable d'autoriser l'emploi de l'acier.

Si nous comparons entre eux les différents projets présentés, une même préoccupation paraît avoir frappé la plupart des concurrents : c'est la difficulté de mettre en place la grande travée. Il est clair, à première vue, qu'on ne peut songer ni à lancer un tablier sur 180 mètres de portée, ni à faire un échafaudage de cette étendue, pour atteindre 60 mètres de hauteur, dans une rivière qui a 15 mètres d'eau et un fond inexploré. Aussi l'un des concurrents conçoit-il son projet dans la pensée évidente de pouvoir construire sur la berge une grande poutre droite et de l'amener ensuite par flottaison sur des barques, à l'exemple du pont du Moerdyck. Un autre, deux peut-être, veulent construire d'abord verticalement les étais ou supports principaux de leur ouvrage, les inclinant ensuite jusqu'à réduire à des dimensions ordinaires l'espace qui res-

tera entre leurs têtes. La plupart cependant, ceux qui, pour la solution du problème, se ralliaient à l'arche métallique, avaient devant les yeux le succès du montage en porte-à-faux du pont Maria Pia, qui semblait, par sa proximité de l'emplacement du nouveau pont, inviter à recommencer. Et c'était bien, croyons-nous, la solution la plus logique, comme ce sera dorénavant la plus souvent adoptée dans des cas analogues, mais à laquelle il reste encore bien des progrès à faire pour arriver à la simplicité et, disons-le, au bon marché que l'on a atteint dans les montages ordinaires et dans les lançages. Nous verrons ce qu'il en a été dans l'exécution.

Enfin, nous ne voulons pas quitter ce sujet sans dire un mot du côté esthétique et artistique, — qu'on nous passe ce mot, — qui est si souvent méconnu quand il s'agit de l'emploi du métal. La Commission qui a jugé le concours n'a pas manqué de s'y attacher, tout comme le programme avait annoncé par avance que la question de forme garderait une place au premier rang dans la discussion. Il y avait évidemment lieu de faire pour un pont, placé au centre d'une grande ville, un effort dans ce sens, effort que la dimension de l'ouvrage rendait difficile. Et dès le premier coup d'œil jeté sur les projets concurrents, on fera peut-être une remarque qui nous semble facile, à savoir, comment on peut reconnaître l'influence de l'école et du sentiment national dans l'expression qui a été donnée aux idées. Le seul projet purement anglais cherche la réponse au programme d'une façon toute dénuée d'artifice. Les supports suffisants d'après la théorie, les suspensions coordonnées simplement d'après les nécessités supposées, tout indique que la question de forme est absolument reléguée à l'arrière-plan. Le deuxième projet anglais a, en réalité, pour auteur un ingénieur de l'école allemande, et l'on reconnaît, dans sa création, l'habitude de faire plier les formes aux besoins d'une théorie plus savante, mais aussi plus compliquée. Si l'arche a une silhouette inférieure heureuse, il n'en est pas de même de la partie supérieure; la formule, la valeur du moment fléchissant ont indiqué un contour théoriquement vrai : rien ne provoquera un sacrifice quelconque en faveur d'une courbe plus gracieuse ou d'une disposition qui pourrait masquer quelques points choquants. L'un des projets belges ne prête à aucune critique du genre que nous faisons en ce moment; sa forme abso-

lument insolite l'y soustrait. L'autre, au contraire, éveille déjà un sentiment plus favorable. Le bowstring est l'expression très adéquate du problème et de sa solution, les deux tabliers y trouvant leur support logique. Mais la maigreur des éléments constitutifs, les coupures entre les tabliers latéraux et celui de la partie centrale, coupures que rien n'obligeait à accentuer, produisent l'impression regrettable d'une œuvre qui manque d'unité et qui semble faite par plusieurs personnes indépendamment l'une de l'autre.

L'on peut dire sans aucune vanité, nous semble-t-il, que les ingénieurs de l'école française ont été mieux inspirés. Deux projets français n'en portent, il est vrai, qu'une trace imperceptible, mais ils ont été évidemment dictés par l'unique préoccupation du bas prix, et par une interprétation erronée du cahier des charges. Les autres, qui ont tous pris l'arc pour base de leurs études, se sont rendu compte que là pouvait se trouver ce que nous cherchons souvent sans fruit, l'alliance de l'économie bien comprise, avec la forme robuste et puissante qui exprime la difficulté vaincue, le besoin satisfait. On nous reproche fréquemment, à nous ingénieurs, de ne pas répondre, dans nos ouvrages, — appelés ouvrages d'art cependant, — au besoin de l'artiste qui ne connaît le beau que par la plastique. Déjà la couleur nous manque, par la force des choses; au moins voudrait-on nous voir employer les formes qui peuvent permettre des revêtements opulents, des décorations dont l'étendue ne nuirait pas à la sobriété. Nous avouons humblement que suivre cette idée nous paraîtrait faire fausse route. La plastique n'a rien à faire ici, et on ne décore pas des étendues de plusieurs centaines de mètres autrement qu'en donnant à l'ensemble de l'œuvre des lignes harmonieuses qui accusent la résistance et qui, dans notre cas, doivent inspirer la sécurité. Un excellent juge en la matière conseillait, lorsqu'on voulait apprécier la valeur d'une grande œuvre d'architecture, de la voir d'abord de nuit, quand la silhouette et le groupement des masses produisent seuls leur effet. Tel est le cas ici : le détail, la décoration sont de nulle importance. L'effet d'ensemble est tout, et il peut être seul produit par la disposition des grandes lignes de la construction.

Voilà sans doute la raison qui a fait adopter l'arche avec des formes très diverses par la plupart de nos constructeurs français.

Nous avons l'habitude, — et il faut nous en féliciter, — de faire marcher de front la question de goût avec la question de prix; on nous le redit sur tous les tons à propos de la petite industrie parisienne; il est bon que nous nous le fassions dire sur le terrain des grandes entreprises, car cela n'est que l'expression de la vérité. A coup sûr, dans le concours qui nous occupe ici, notre école a été bien inspirée de poursuivre ce but; elle a recueilli le fruit de ses efforts, en voyant occuper les premiers rangs dans le classement par les seuls concurrents français.

II

Le pont Luiz Ier, tel qu'il est aujourd'hui construit par la Société de Willebroeck, ne diffère de l'avant-projet présenté au concours et choisi par le jury que par des points de détail. L'arc a dû être reculé de 2 mètres environ vers la rive gauche pour trouver un meilleur terrain de fondation, ce qui a changé un peu la distribution des petites travées; la route supérieure a été portée de 6 mètres de largeur prévue à 8 mètres, et la nature des trottoirs a subi une modification. Sauf cela, et un autre point que nous aurons occasion de signaler un peu plus loin, l'exécution est identique au projet du concours.

L'ouvrage peut se subdiviser en trois parties distinctes, savoir : le tablier supérieur, l'arche centrale qui supporte l'un et l'autre des tabliers au-dessus de la rivière, enfin le tablier inférieur. Nous les décrirons dans cet ordre.

A. Tablier supérieur. — La longueur totale de ce tablier, entre culées, est de 389m,750 (voy. Pl. 112). Il comprend trois parties distinctes : l'une du côté Villanova, l'autre du côté Porto, et entre ces deux, une portion centrale dont la construction est différente. Les deux parties latérales ont une pente uniforme de 0m,0093 par mètre, montant vers la clef; la partie centrale a la forme d'une parabole qui raccorde les deux autres; le sommet de cette parabole, à la clef, est à 62m,244 au-dessus de l'eau, dans l'axe de la chaussée.

Sur toute l'étendue du tablier, la largeur est de 8 mètres entre garde-corps, comprenant 6m,50 de chaussée, et 1m,25 de trot-

toirs de chaque côté. Les trottoirs sont en carreaux de grès, du genre de ceux que l'on pose à Paris sous les entrées cochères et qui résistent même au passage des roues et des chevaux. La tôle striée devait primitivement former le recouvrement de ces trottoirs ; on a trouvé des inconvénients dans l'échauffement considérable de ces tôles exposées au soleil, et on a adopté le grès cérame en leur lieu et place. Les bordures sont en granit et un large ruisseau, aussi en dalles de granit, assure l'écoulement des eaux. La chaussée est pavée en bois.

La chaussée aussi bien que les trottoirs reposent sur des tôles bombées et galvanisées, avec interposition de béton formant une masse solide qui répartit les pressions des roues. Les tôles bombées sont renversées afin d'assurer l'écoulement facile de toute infiltration d'eau qui pourrait se produire.

Les poutres principales sont écartées de $4^{m},65$ d'axe en axe. Elles ont 5 mètres de hauteur, et sont constituées par des membrures en simple T et un treillis à une seule maille avec montants. Toutes les barres de ce treillis sont rigides. Les panneaux sont de 4 mètres environ, variant de 1 ou 2 centimètres d'une travée à l'autre, ce qu'exigeaient les nécessités du terrain pour l'emplacement des piles. Des contreventements verticaux, placés à chaque montant, et un contreventement horizontal inférieur assurent la rigidité de la poutre. En haut, le platelage en tôles bombées forme le meilleur contreventement que l'on puisse souhaiter.

Ces tôles sont fixées sur des entretoises porteuses, espacées comme les montants des poutres ; trois files de longerons constituent le support longitudinal du platelage.

A l'extérieur des poutres se trouvent des consoles qui ont un porte-à-faux total de $1^{m},675$, et dont l'extrémité porte les montants de garde-corps. Un longeron placé tout près de la pierre de bordure, et un autre placé à l'extrémité des consoles, affectant la forme d'arcades ornées vers l'extérieur, supportent les tôles bombées du trottoir.

Ce tablier a les portées suivantes, pour le côté Villanova en partant de la culée : $33^{m},80$ — $42^{m},25$ — $36^{m},00$ — $23^{m},00$. — Celui du côté Porto, partant aussi de la culée, à $38^{m},025$ — $46^{m},475$ — $50^{m},70$ — $36^{m},00$ — $23^{m},00$.

Leurs extrémités aboutissent des deux côtés sur une des entre-

toises supérieures de l'arche principale et y sont fixées à demeure. Les supports suivants sont constitués par les palées sur les reins de l'arc; tous les autres, en marchant vers la culée, sont des appareils de dilatation avec clavette de centrage, du type bien connu aujourd'hui.

Le tablier, du côté de Villanova, repose sur deux piles en fer et sur la culée en maçonnerie. L'autre, du côté Porto (rive droite) porte sur une pile métallique, sur deux piles en maçonnerie, et sur la culée.

B. Piles métalliques. — Les piles métalliques sont du type aujourd'hui le plus répandu. Elles n'ont guère qu'une particularité, en ce que les arbalétriers ont la forme d'une grande cornière dont l'angle saillant porte deux nervures importantes. Autrement dit, la section peut être assimilée à une croix dont deux des branches seraient très courtes, et les deux autres très longues. Les extrémités de ces dernières sont à leur tour armées, pour éviter tout gondolement sous la compression que subissent ces pièces. Cette forme est particulièrement favorable à l'assemblage des pièces transversales à la pile, contreventements et entretoisements. Elles s'appliquent à l'intérieur des grandes branches de la croix, lesquelles sont d'ailleurs réunies entre elles de distance en distance par des goussets appropriés. L'avantage très sérieux qu'offrent les pièces ainsi construites est l'accès facile de toutes les parties, qui sont aussi aisément visitées et entretenues qu'une pièce du treillis.

Les deux piles les plus voisines de l'arche reposent sur de grands massifs en maçonnerie, de 18 mètres environ de hauteur au-dessus de la route inférieure. Ces massifs forment des portails d'entrée du tablier inférieur, et dans leur partie inférieure se trouvent englobés les massifs supportant les retombées des arcs. Ils ont à la base une longueur totale de $17^{m},20$ sur $7^{m},80$, mais leur milieu est occupé par la route de 8 mètres de largeur qui y passe. Les poutres du tablier trouvent aussi leur logement et leur appui dans l'embrasure de ce portail.

Les massifs, comme toute la maçonnerie du pont, sont en granit du pays. Ils reposent sur une roche granitique de qualité inférieure, mais qui passerait ailleurs encore pour une bonne pierre à bâtir. La pierre qui a servi à la construction vient en partie

d'une carrière située à 500 mètres de là, en partie de carrières meilleures, situées au sommet de collines, où se trouve généralement la pierre de qualité.

Toute la partie inférieure du massif est parementée en pierres de taille de $0^m,56$ d'assise. L'intérieur est en blocage, sauf les massifs de poussée des arcs, qui sont appareillés obliquement, par assises de $0^m,30$ dans toute leur étendue. Ces massifs vont jusqu'au contact du rocher qui a été disposé par surfaces inclinées suivant la pente des assises, à très peu près à 45 degrés. Du côté de Porto, le rocher n'a pas été ainsi atteint partout, on a dû le remplacer par un massif supplémentaire, ainsi que nous le dirons ailleurs.

Au-dessus du niveau des retombées de l'arc existe un socle en pierre de taille, terminé par un gros bandeau. A partir de là, les angles seuls sont en pierre de taille, toujours par assises de $0^m,56$; les faces vues sont en gros moellons piqués de $0^m,28$ d'assise. Tout le blocage est en gros moellons de granit. Le hourdis est fait en mortier de chaux hydraulique du pays, additionné de ciment de Portland, ce qui a donné d'excellents résultats.

De chaque côté de la route se trouvent des portes ouvrant sur des puits d'accès avec échelles par lesquelles on arrive au sommet des massifs. Ils communiquent également avec les amarrages des piles métalliques qui consistent en sommiers de fer, en forme de caisson, placé dans de petits tunnels spéciaux. Ils sont reliés à la base de chaque arbalétrier par une tige de $10^m,50$ de longueur et de 0^m070 de diamètre, suffisante pour intéresser le cube voulu de maçonnerie pour la stabilité.

En outre des piles métalliques, il y en a deux en maçonnerie du côté de Porto. Elles sont peu importantes et leurs fondations n'ont qu'une profondeur insignifiante, le rocher affleurant presque partout. Elles sont en granit de même appareil que les grandes piles-culées.

C. Arche principale. — La partie la plus importante de toute la construction est la grande arche. Elle supporte à la fois les deux tabliers dans toute la largeur de la rivière, et sa portée en fait pour le moment la plus grande ouverture franchie d'un bond qui existe.

La portée nette de cette arche est de 172^{m},50 entre les surfaces d'appui des rotules. La flèche de l'intrados est de 44^{m},60 et celle d'extrados de 52^{m},60. La hauteur de l'arc à la clef est donc de 8 mètres, ou 1/22 environ de la portée. Cette hauteur va s'augmentant jusqu'à la retombée, où elle est de 16^{m},75, mesurée verticalement.

Les deux fermes qui constituent l'arche ne sont pas parallèles. Aux rotules leur écartement est de 16 mètres : à la clef d'extrados, il est de 6 mètres. Les deux fermes sont donc dans des plans obliques dont l'inclinaison sur la verticale est de 9,58 0/0. Elles sont semblables, vu la symétrie de l'arche.

C'est ici qu'il convient de dire quels motifs ont conduit à l'adoption de la forme de l'arche, contrairement à celle qui a été choisie pour le pont Maria Pia.

Ce premier pont, réunissant la grande hauteur à la grande portée, était destiné à porter uniquement une voie ferrée. Le poids de l'arc se trouve être inférieur, par mètre courant, à la surcharge accidentelle. Le résultat de cette disproportion est, comme on le voit facilement, la production de moments fléchissants dans la région du milieu de l'arche, très importants relativement à la compression seule. De là, l'intérêt qu'il y avait à donner à cette partie la plus grande hauteur possible. Une considération secondaire, mais assez importante aussi, était l'effet du vent qui produit à la clef un moment fléchissant horizontal notable. L'extrados n'ayant ici qu'une largeur de 3^{m},95, les sections nécessaires eussent été très fortes, si l'élargissement de l'intrados n'eût pas contribué à mieux répartir le métal, en produisant une certaine économie. Enfin il s'agissait d'un pont de chemin de fer, ce qui permit de reléguer au second plan la question d'aspect. Le croissant parut donc satisfaire très suffisamment à ce côté du problème.

Le pont actuel se présentait dans des conditions différentes. Le poids des deux tabliers, joints à celui de l'arche elle-même, s'élève à une moyenne de 20,000 kilogrammes environ par mètre courant, tandis que les deux surcharges d'épreuve réunies ne s'élèvent qu'à 4,000 kilogrammes par mètre. La disposition dissymétrique de ces surcharges n'avait donc plus les mêmes effets fléchissants vers la clef, et on pouvait sans aucun inconvénient diminuer la hauteur de l'arc. En second lieu, la largeur entre les deux arcs est ici

bien plus grande, étant de 6 mètres à l'extrados, en sorte que l'effet du vent se trouve combattu par une section ayant plus de hauteur que dans le premier cas. Enfin la question d'aspect prenait plus d'importance, et, à tort ou à raison, il nous a paru que l'arc, qui s'agrandit vers les retombées, produit, — tout raisonnement à part, — un sentiment plus favorable que l'arc qui repose sur des pointes. L'un donne l'impression d'une grande hardiesse, d'une légèreté extrême; l'autre inspire la sécurité plus parfaite et ne laisse aucun doute dans l'esprit même de la personne la plus étrangère à l'art de construire. C'est pourquoi nous avons préféré cette fois intervertir en quelque sorte le principe de la forme, et donner à la clef une moindre hauteur qu'aux retombées.

Un autre argument toutefois s'ajoute à ces raisons que nous venons de détailler. Il les vaut toutes, et peut-être, dans l'ordre du raisonnement, s'est-il présenté le premier. Le voici :

On remarquera que l'arc en croissant permet de réunir, aux retombées, les deux systèmes de contreventement qui se trouvent dans les plans successifs des panneaux d'extrados et d'intrados. Il le faut pour transmettre à l'appui les efforts que ces contreventements y apportent. Le panneau de l'arche, qui est contigu aux rotules, doit donc être complet. Or le programme du pont actuel avait pour condition dominante le passage inférieur d'une route de 8 mètres. Il suffit de considérer l'ouvrage un seul instant pour reconnaître que cette route se trouvait complètement interceptée par les contreventements dont il s'agit. La forme adoptée pour l'arche permettait de tourner cette grosse difficulté, en relevant, à partir du montant N° 1, les contreventements de l'intrados et en les réunissant à ceux d'extrados au sommet du montant des naissances. Le passage de la route était ainsi rendu libre, en même temps que le passage des efforts dus au vent était assuré jusqu'à la verticale de l'appui. Leur transmission à l'appui même devenait dès lors facile par la constitution d'un grand portail d'entrée, rigide, qui est parallèle à la maçonnerie. Il rend toute déformation et tout déplacement impossible. Il complète ainsi la résolution du problème de la résistance au vent, qui sans cela eût constitué une sérieuse difficulté.

Le type des fermes est celui à grandes mailles de treillis for-

mant des croix de Saint-André, avec montants. Ce type se prête bien aux nécessités que nous indiquerons à propos du contreventement, ainsi qu'à l'attache des palées et des suspensions. Il est réalisé par l'emploi de membrures supérieures et inférieures doubles, chaque demi-membrure étant en forme de simple T, dont l'ensemble constitue un U. La partie ouverte de l'U est raidie par des treillis spéciaux. Dans l'intervalle, entre les parois verticales pénètrent les montants et les treillis dont l'assemblage se fait avec une grande facilité, leur section étant toujours celle d'un caisson rectangulaire.

Les membrures supérieures comprennent donc deux moitiés semblables, chacune desquelles a une âme de 700 millimètres de hauteur, deux cornières de $\frac{100 \times 100}{12}$ et une semelle de $0^{m}600$ de largeur. Le nombre et l'épaisseur des semelles varient avec les besoins, et l'âme est tantôt simple, tantôt renforcée à l'extérieur par une doublure de $0^{m}500$ de largeur. Le bord de l'âme opposé à la semelle est renforcé par une cornière de 120 millimètres de côté, placée à l'extérieur. Ces cornières des deux moitiés de la membrure sont réunies par un treillis en N, formé de fers à U et de fers plats. Les semelles des membrures sont elles-mêmes réunies de distance en distance par des fers plats qui les assemblent.

Les membrures inférieures sont beaucoup plus fortes. Les âmes ont $1^{m},200$ de hauteur. Les semelles ont 0,750 de largeur, et les cornières d'assemblage comme celles de bordure ont comme à l'extrados $\frac{120 \times 120}{13}$. Mais les âmes sont raidies à l'extérieur par une nervure qui court sur toute la longueur, et qui est formée d'une âme de 250×12, et de 2 cornières de $\frac{100 \times 100}{12}$. Cette nervure est encore supplémentée de deux autres semblables dans le panneau qui touche à la retombée, tant pour renforcer la section nécessaire que pour aider à une répartition plus égale de la pression sur les rotules d'appui. Comme à l'extrados, les semelles sont réunies de distance en distance par des tôles formant couvre-joints, et ici cette disposition a une utilité particulière, celle de laisser échapper, sans séjourner, l'eau de pluie qui

se trouverait sans cela ramassée et conduite jusqu'à la retombée.

L'écartement entre les âmes est de $0^m,648$ et cette dimension est celle de la largeur des montants et treillis qui s'y introduisent pour y trouver leurs points d'attache.

Toutes les pièces qui réunissent les membrures d'intrados à l'extrados ont une forme de caisson. Leur largeur transversale est de $0^m,648$ et leur autre dimension est de $0^m,400$. Ces pièces sont les montants et les barres de treillis. La face que l'on voit en regardant l'arc de face a toujours 0^m400, étant formée d'une tôle de cette largeur. Deux cornières la bordent et prêtent à l'attache du treillis en fer plat qui complète la section rectangulaire. Les treillis se croisent au centre des panneaux; ne pouvant se pénétrer en raison de leur forme identique, l'une des barres est coupée et des couvre-joints placés sur les tôles remplacent les sections interrompues.

Une seule barre de treillis fait exception, c'est celle qui part de la rotule. Elle subit une fatigue beaucoup plus grande que toutes les autres, et plutôt que de faire un caisson à 4 faces pleines, il a été trouvé préférable de le constituer en forme de double T.

A peu près à mi-hauteur entre les deux membrures, se trouve un cours de fers qui relient les croisements des treillis aux deux montants voisins. La raideur nécessaire à ceux-ci, aussi bien qu'une question d'aspect, a conduit à l'adoption de ces liens. Leur section est celle d'un U composé, de 250 millimètres de hauteur, avec des cornières de $\frac{60 \times 60}{7}$.

Nous avons parlé déjà, plus haut, de l'un des éléments principaux qui réunissent entre elles les membrures d'extrados et d'intrados. Ce sont les portails placés à l'entrée du pont, touchant presque les maçonneries des piles-culées. La réunion existe sur toute la longeur des membrures, où elle est produite par les contreventements et les entretoises horizontales. Ces dernières pièces, sauf une, sont constituées exactement comme les montants et treillis de l'arc. Elles sont en caisson, à deux faces pleines et deux en treillis. Leur largeur uniforme est de 400 millimètres, leur hauteur de 0^m500. Leur section varie nécessairement avec les efforts qu'elles ont à transmettre.

La première entretoise de l'intrados seule est en forme d'arcade, par suite de son voisinage à l'arc en pierre de la voûte d'entrée. Elle est très robustement constituée.

A l'extrados, à partir du montant N° 7, les entretoises servent en même temps d'appui aux poutres du tablier supérieur. Elles sont, à cet effet, formées de sommiers avec semelles plus fortes. Les deux derniers panneaux, de chaque côté de la clef, n'ont plus de barres de contreventements; mais à leur place les petites travées du tablier supérieur en ont, outre qu'elles sont contreventées par le platelage général de la chaussée, situé très peu au-dessus.

Un contreventement vertical beaucoup moins important existe dans le plan de chaque montant vertical. Il se compose simplement d'une croix de Saint-André dont les deux branches sont formées d'une double cornière $\frac{100 \times 100}{10}$. Ce contreventement est du reste à peu près inutile.

L'arche repose sur les maçonneries par l'intermédiaire de rotules en acier. Les membrures inférieures se terminent chacune par une surface normale, bien dressée, qui porte une plaque de tôle, rivée à têtes fraisées. Celle-ci s'applique sur la face plate d'une rotule en acier, dont l'épaisseur au milieu est de 0^m350 et qui porte en dessous un arrondi de $0^m,300$ de rayon. Cette face porte une saillie rectangulaire emboîtée dans un trou de la tôle d'appui, pour résister au besoin à certains efforts de cisaillement qui eussent pu se produire pendant le montage, si une forte tempête était survenue. La rotule se loge dans un coussinet rectangulaire en acier présentant le même creux, lequel à son tour repose par sa face plate sur le sommier en fonte, fortement nervé, qui répartit la pression sur la maçonnerie. La position du coussinet sur le sommier est réglée au moyen de clavettes, de façon à prévenir telle irrégularité qui aurait pu se produire dans la pose des sommiers.

Ceux-ci sont en contact avec la maçonnerie par l'intermédiaire d'une plaque de plomb de 8 millimètres d'épaisseur sur une surface de $2{,}60 \times 2{,}10$, soit 5,46 mètres carrés. Nous avons déjà dit que les assises qui reçoivent les retombées sont appareillées obliquement, de façon à présenter des joints qui, une fois l'arche

fermée et en charge seront toujours sensiblement normaux à la pression produite.

A l'endroit même où les arcs reposent sur les sommiers d'appui, les membrures inférieures sont réunies, dans le plan des portails d'entrée, par une poutre transversale, de forte section. Elle complète le cadre formé par les portails et elle fait en sorte que tout effort transversal au pont se transmet également à l'une et à l'autre rotule. Elle empêche aussi qu'il se produise sur les appuis aucune poussée latérale provenant de l'inclinaison des fermes de l'arche. Si faible que puisse être celle-ci, déjà combattue par tous les contreventements courants, il n'en est pas moins bon de prendre des précautions particulières pour que les rotules ne puissent pas être chassées vers le dehors, ce qui pourrait être dangereux, vu leur position forcément voisine de l'arête des maçonneries de la pile.

D. Tablier inférieur. — La route, qui passe sous les arcades des piles-culées, traverse la rivière sur un tablier métallique suspendu à la grande arche.

Cette portée est subdivisée en cinq travées par les supports, qui sont des tiges de suspension. Ces travées ont 36 mètres chacune pour les trois centrales et 33 mètres pour les travées de rive, la distance d'axe en axe des appuis extrêmes étant ainsi de 174 mètres.

L'ossature est formée de deux poutres placées en garde-corps à $8^m,40$ d'axe en axe. Leur hauteur est de $3^m,20$ entre semelles. Elles ont des membrures dissymétriques, celle du haut ayant une âme de $0^m,300$, et celle du bas une âme de $1^m,000$. Les cornières ont $\frac{100 \times 100}{12}$ et les semelles 400 millimètres de largeur, Le treillis est à double maille, en cornières pour toutes les barres. Les montants sont placés intérieurement, et sont constitués par une âme de 180×7 et par deux cornières de $\frac{70 \times 70}{8}$.

Aux points de suspension se trouvent des montants de section renforcée, à l'extérieur desquels se trouve appliquée la tôle qui forme l'assemblage avec les suspensions.

Celles-ci sont verticales, formées d'une triple âme de 500×10,

de 4 cornières de $\frac{100 \times 100}{13}$ et d'une semelle de 250×15, placée du côté extérieur du pont, Elles offrent ainsi une rigidité très suffisante et une faible résistance au vent. Elles sont contreventées par des croix de Saint-André, et ont une entretoise principale à la hauteur de 8 mètres au-dessus de la chaussée. Elles sont fixées, à leur extrémité supérieure, en dedans des montants, qui à cet endroit ont une forme spéciale, une âme en tôle correspondant à celle de la suspension pour faciliter l'assemblage et la transmission des efforts.

Les poutres du tablier inférieur sont reliées par des entretoises écartées de 3 mètres d'axe en axe. Cinq files de longerons sont portées par elles et reçoivent les tôles creuses de la chaussée. Deux trottoirs en tôle striée, de $1^m,50$ de largeur, bordent la chaussée, et sont protégés par des garde-corps en fer forgé fixés aux montants des poutres principales.

Ce tablier était, dans le projet primitif, prévu avec poutres articulées dans la première, la troisième et la cinquième travée. Ce fut là la seule modification de quelque importance apportée par l'Administration au projet présenté au concours, en ce qu'elle déclara sa préférence pour un tablier continu ordinaire. Le premier type trouvait sa raison d'être dans les dénivellations des appuis qui sont possibles par suite des surcharges dissymétriques du tablier supérieur. Elles seront, il est vrai, fort minimes, et les effets du vent rendant désirable une grande rigidité propre, il est peut-être préférable de tourner toute l'attention de ce côté. C'est aussi ce qu'a fait l'Administration, en exigeant que ce tablier fût capable, à lui seul, et sans le secours de la rigidité des suspensions et de l'arche, de résister aux efforts latéraux du vent. Il a été facile de répondre à cette exigence au moyen de quelques renforcements des poutres principales, qui fonctionnent, dans ce cas, comme les membrures de la poutre horizontale constituée par elles et par le platelage sous chaussée. L'effort dû au vent se transmet donc directement aux culées, où des sabots sont disposés contre les parois de la maçonnerie, permettant la dilatation du tablier, mais empêchant tout déplacement latéral.

Les appuis proprement dits sont constitués, comme au tablier supérieur, par des batteries de 5 galets segmentés, et des plaques

à clavette de réglage, permettant l'oscillation due aux inclinaisons variables de la fibre neutre des poutres.

Les fers employés dans la construction ont été l'objet de soins tout spéciaux de fabrication. Nos exigences envers les usines de production, aussi bien que le contrôle excessivement sévère de l'Administration, ont assuré une uniformité fort remarquable dans la qualité. Diverses usines ont fourni des fers, parmi lesquelles les principales sont : la Société Anonyme de Couillet, MM. Piérard frères, à Montigny-sur-Sambre, la fabrique de fer de Charleroi, et la Société du Phénix de Chatelineau. Nous ne pouvons pas donner ici plus qu'un résumé des essais de qualité qui ont été faits : les résultats moyens ainsi obtenus disent assez ce qu'ils signifient.

	Résistance par millimètre carré avant rupture	Allongement pour cent.
	—	—
Fers employés dans la construction des piles métalliques et du tablier supérieur.		
Moyenne de 242 essais (éprouvettes de 200 $^{c}/_{m}$).	37k1	13 5
Fers employés dans la construction de la grande arche.		
Moyenne de 300 essais. (Eprouvettes de 200 $^{m}/_{m}$).	38k5	16
Moyenne de 51 essais. (Eprouvettes de 100 $^{m}/_{m}$).	37k2	13 3
Fers employés dans la construction du tablier central supérieur et du tablier inférieur.		
Moyenne de 126 essais. (Eprouvettes de 200 $^{m}/_{m}$).	39k5	15 6
Moyenne de 21 essais. (Eprouvettes de 100 $^{m}/_{m}$).	39k6	14 3

Nota. Tous les essais faits sur des éprouvettes de 100 $^{m}/_{m}$ provenaient d'une même usine, et se rapportent à une même espèce de fers profilés, c'est-à-dire des cornières. Leur allongement avant rupture est, on le voit, inférieur à celui de fabrications simultanées dans d'autres usines, tout en donnant encore des chiffres fort satisfaisants.

Le cahier des charges définitif exigeait un minimum de résistance de 34 kilos et un allongement de 8 % au moins.

III

L'inauguration des travaux du pont fut faite le 1er décembre 1881 par le roi en personne, l'importance de l'ouvrage projeté pour la prospérité de la ville de Porto ayant paru à la municipalité assez grande pour motiver cet apparat. Les travaux de fondation commencèrent sans retard, mais on se trouva bientôt arrêté par le mauvais vouloir de certains propriétaires d'immeubles qui résistaient à l'expropriation. De plus, on se trouva conduit, par l'examen détaillé du terrain, à déplacer le pont, dans la direction de son axe, de 2 mètres environ, ce qui exigea le remaniement du projet dans plusieurs de ses parties essentielles. Ce ne fut donc guère qu'en 1883 que l'on put se mettre sérieusement à l'œuvre et donner une impulsion plus grande aux travaux. Toutefois, le délai d'exécution expira au 1er décembre 1883, avant que le dernier emplacement de l'une des piles fût encore livré. Il n'est que naturel, étant donnés ces faits, que l'achèvement n'ait eu lieu que deux ans plus tard, en ce moment où nous parlons.

Maçonneries. — Selon toutes les prévisions, les fondations des piles et culées devaient trouver partout un appui assuré sur le rocher. Cette roche est ici partout du granit, souvent de qualité suffisante pour servir de pierre de construction, toujours assez ferme pour offrir une fondation incomparable. Ces prévisions se vérifièrent, sauf en un point. Les fondations de la rive gauche trouvèrent partout le granit à la surface et la pile-culée de cette rive notamment fut établie sur un sol absolument résistant. Elle doit résister à la fois à la charge des retombées du grand arc et à sa poussée ; on put donner à la partie inférieure du massif de fondation une direction sensiblement normale à la réaction, la partie antérieure de la pile offrant des assises horizontales pour tous les cas de moindre poussée qui pouvaient se produire avant le clavage de l'arc. Le pied de cette pile baigne dans l'eau. C'est surtout parce qu'en ce point le rocher tombe à pic sur une profondeur très considérable, que l'on a jugé bon de reculer la culée de façon à éviter tout travail dans la rivière.

Sur la rive droite, les deux dernières piles se trouvent sur la

colline, où le granit affleure. Mais pour la pile-culée de cette rive les circonstances étaient différentes. Elle tombait sur l'emplacement d'un mur de quai depuis longtemps construit, et au pied duquel émergeaient, à travers le pavage, de gros blocs de rocher. Sa distance à la paroi verticale du grand rocher de la colline était faible, 5 à 6 mètres seulement, et tout indiquait que là aussi la roche était près de la surface. Mais lorsqu'on eut démoli l'ancien mur de quai, l'on découvrit qu'on était en plein éboulis, dans lequel, à 3 ou 4 mètres de profondeur, coulait une source assez importante, Il fallut donc traverser cet éboulis, car il était impossible de songer à y établir un massif dont la stabilité fût suffisante pour résister à des poussées de 1 400 à 1 600 tonnes, et à une charge verticale plus grande encore. On descendit ainsi à 15 mètres environ de profondeur, pour trouver enfin un ressaut de rocher sur lequel on pût s'asseoir avec sécurité. Les naissances de l'arc se trouvant, par suite de ces circonstances, au sommet de la fondation maçonnée, on dut relier celle-ci au rocher qui était à l'arrière, afin que la poussée pût se transmettre dans de bonnes conditions au massif résistant.

Bien que la culée haute du côté Porto ne fût pas comprise dans le contrat, attendu qu'on la considérait comme une dépendance de l'avenue d'accès à créer, il est bon d'en dire un mot ici.

Cette culée se trouve derrière l'éperon rocheux qui descend obliquement vers la rivière, sur lequel sont situées les piles 4 et 5. Elle se trouve donc dans un petit vallon secondaire, mais à une grande hauteur. L'on fut tout surpris de trouver en ce point, entre deux parois de rocher peu éloignées, une épaisseur de terre végétale d'environ 11 à 12 mètres ; le point où l'on traversa cette masse pour asseoir les fondations, aboutissait à une face inclinée, et il est probable que non loin de là le fond du ravin rocheux est bien plus profond encore. On trouve là, reproduit sur une petite échelle, ce qui paraît être le cas de la vallée du Douro elle-même, c'est-à-dire une faille profonde dont le fond est rempli par des alluvions de terre végétale, dans un cas, sablonneux et recouverts par l'eau de la rivière, dans l'autre. Tel paraît être le cas de nombre des vallées de ce pays si accidenté.

Le granit des berges, quoique résistant et souvent fort compact, n'a pas été, cependant, jugé de qualité suffisante pour

servir à la confection des maçonneries du pont. D'autres carrières ont été utilisées à cet effet, l'une d'elles ayant été spécialement ouverte dans ce but, à un demi-kilomètre de distance environ, en amont; deux autres, situées à l'autre extrémité de la ville, sur la hauteur, ayant fourni les pierres de qualité supérieure.

Il n'est pas sans intérêt de consigner ici quelques données sur la résistance du granit de ce pays, qui a servi et qui est utilisé dans toutes les constructions courantes. Il est loin de présenter en général la résistance énorme que l'on connaît à certains granits de Bretagne ou d'Ecosse. Toutefois, on est parfois surpris de trouver, mêlés aux roches exploitées, des massifs de moindre étendue excessivement durs et presque inattaquables par les outils. En général, chaque localité fournit une pierre sensiblement homogène. Les trois carrières qui ont servi pour les maçonneries du pont, ont fourni des échantillons pour essais au laboratoire de la Ville de Paris, et voici quels sont les résultats moyens obtenus :

Carrière	A —	Résistance à l'écrasement	706 kilog.	par c. m. q.
—	B —	d°	824	d°
—	C —	d°	862	d°

L'on voit que, pour des maçonneries de pierres bien appareillées, en libages ou en pierres taillées, travaillant au maximum à 8 ou 9 kilog. par centimètre carré, ces granits offrent une résistance extrêmement satisfaisante.

A la surface d'appui sur le rocher, la pression ne dépasse jamais 5 kilog. par centimètre carré.

Montage des piles et tabliers. — Nous ne nous arrêterons pas au montage des piles métalliques. Il s'est fait entièrement en remontant successivement du bas les pièces approvisionnées. Au sommet de la pile, le pourtour du couronnement a été muni de consoles et d'un plancher pour permettre une circulation plus facile au moment où il faut manipuler la grosse masse du tablier.

Comme de juste, le montage des tabliers supérieurs a marché de front avec celui des piles. Du côté de Villanova, cela n'offrait aucune difficulté. Le tablier se préparait sur un emplacement

créé par une tranchée spéciale dans le rocher, qui était ici presqu'à pic derrière la culée. La longueur praticable de cette tranchée n'était cependant pas suffisante pour que l'ont pût atteindre la pile 1 par un lançage unique. Il a fallu faire précéder la culée d'un échafaudage en bois, à l'extrémité duquel se trouvaient les appareils de lançage. La portée se trouvait ainsi réduite à 24 mètres. En allégeant le tablier autant que l'on pouvait, et en chargeant de poids l'arrière de la masse en mouvement, on réussit à assurer l'équilibre pendant le passage de la première travée, après quoi l'opération suivit son cours ordinaire.

Du côté Porto, l'opération était plus facile. On put construire, à l'arrière de la culée, qui n'était encore point achevée, une longueur assez considérable du tablier pour franchir sans encombre la première travée. On s'était ici trouvé en présence d'un cas assez particulier. La pile 4 se trouvait dans un jardin particulier, où l'on avait trouvé bon de n'exproprier qu'une bande de terrain fort limitée à l'entour de la pile. Quant à des chemins d'accès, personne ne s'en était préoccupé, et le propriétaire du jardin refusait obstinément de laisser passer aucun ouvrier chez lui. D'autre part, pour arriver à cet emplacement, il eût fallu amener tous les matériaux par des escaliers et des sentiers très difficiles, en passant par des maisons habitées. Le mur d'un couvent et la paroi précipiteuse du rocher empêchaient tout autre accès. Afin de tourner toutes ces difficultés, l'on se résolut à pousser le tablier en avant jusqu'au-dessus de l'emplacement de la pile, et d'amener par ce tablier, en passant par-dessus les toits des maisons, tous les matériaux préparés d'avance. Ainsi fut fait et l'on put atteindre encore une rapidité d'exécution plus grande que s'il avait fallu amener toutes les pierres et autres matériaux par les seuls sentiers praticables. Une dernière étape du lançage amena enfin ce tablier sur la pile-culée n° 3; on l'avança de 12 mètres environ au delà de cette pile, et l'ouvrage se trouva alors dans la position voulue pour le montage du grand arc.

L'opération du lançage n'a présenté aucun incident particulier, et le seul point qui offre peut-être un intérêt est la disposition nouvelle des châssis de lançage. Le principe des rouleaux groupés sur des leviers basculants, dans le but d'égaliser les charges, est aujourd'hui très connu et répandu. En général cependant, ces

appareils offrent un ensemble d'une hauteur très grande, qu'il convient de réduire au minimum possible. C'est en vue de cette réduction qu'ont été projetés les appareils employés ici, et il nous paraît difficile de diminuer davantage la hauteur de l'ensemble sans être conduit à des rouleaux trop petits ou à des pièces trop peu résistantes.

Montage de l'arche principale. — Dans les deux ponts exécutés jusqu'aujourd'hui, qui ressemblent le plus à celui-ci par leur mode de construction et de montage, une méthode à peu près semblable a été suivie pour la mise en place des pièces constitutives. Au pont Maria Pia, l'on avait posé, sur les membrures d'extrados, les pieds d'une chèvre, à tête élargie, qui servait au levage, comme dans le levage d'une charpente en bois. On avançait successivement cette chèvre à mesure du progrès, jusqu'au clavage de l'arche. Autant qu'il est permis de le conclure des quelques documents qui sont à la disposition du public, le montage du grand arc du Garabit s'est fait de la même façon. Ce procédé, qui a conduit au but avec sécurité, a cependant des défauts assez nombreux. Le déplacement répété des chèvres et leur amarrage constamment remanié sont des causes de lenteur assez grandes dans les opérations. Leur position à l'extrémité des parties en porte-à-faux, là où souvent la rivure n'est pas encore faite, charge la construction d'un poids considérable. Leur adoption exclut la possibilité d'opérer le levage autrement qu'à bras d'hommes, ce qui est certainement un moyen lent et coûteux, comparé à la possibilité d'employer des machines. A mesure que le poids des pièces à lever augmente, cet inconvénient devient plus sensible encore. Enfin, dans les cas où il y a lieu de revenir plusieurs fois dans la même verticale, les déplacements successifs des chèvres constituent un nouvel inconvénient, qui était, pour ce pont, particulièrement sensible. Il fallait en effet passer deux fois par tous les points de la partie centrale de l'arc, revenir une troisième fois aux mêmes points pour le tablier supérieur, et une quatrième fois pour mettre en place le tablier inférieur.

Ces considérations nous ont conduit à chercher une autre solution du problème du levage, qui donnât à la fois une plus grande puis-

sance d'action et une plus grande liberté de manœuvre. Voici comment nous l'avons résolue : (Voy. Pl. 113 Fig. 1).

La rivière est traversée par deux câbles métalliques. Ces câbles passent à leurs extrémités sur des bigues, mobiles transversalement au pont, et reposant sur les tabliers précédemment mis en place. Ils vont s'amarrer aux tabliers en arrière des bigues. Sur les câbles roulent de petits chariots, portant chacun une poulie de renvoi. Chaque chariot est fixé momentanément dans la position voulue par deux câbles qui rejoignent les pieds des bigues. Au même endroit sont placés les treuils de levage, dont le câble va passer sur la poulie des chariots, et descend jusqu'à la rivière pour prendre les pièces qui sont amenées dans les barques.

Les têtes des bigues sont amarrées deux à deux au sommet d'un pylône placé entre elles, et solidement relié par sa base d'appui. Cet amarrage est variable de longueur, ce qui permet à chaque ligne de s'écarter plus ou moins de l'axe du pont, déplaçant ainsi le câble porteur de la même quantité. On voit que cette disposition suffit pour pouvoir atteindre avec le crochet de levage tous les points de l'espace où l'on peut avoir à apporter une pièce. C'est en quelque sorte un système de coordonnées à trois axes, qui permet de définir tous les points d'un prisme vertical, ayant pour base le rectangle des retombées et dans lequel serait contenu toute la construction à ériger.

Les treuils de levage étant ainsi à poste fixe, il devient aisé de les faire mouvoir par un moteur inanimé. Ici le choix d'une machine à gaz était tout indiqué, vu l'intermittence du travail, et la commodité de l'emploi du combustible gazeux s'amenant par un simple tuyau.

Comme on voit, l'appareil de levage est constitué par un appareil funiculaire éminemment élastique, qui devait se prêter parfaitement à tous les mouvements nécessaires, permettant de lever les pièces au point voulu, tout en évitant au passage les pièces déjà posées qui pouvaient être gênantes. Le fonctionnement de cet ensemble a été satisfaisant de tous points. La mobilité du système, jointe à la rapidité des manœuvres, n'a pas nui à la sécurité des mouvements. Au bout de fort peu de temps, le personnel a été assez initié au fonctionnement, pour que les manœuvres se fissent avec une précision absolue, et l'on amenait, dans

l'espace de 30 à 35 minutes, les pièces les plus lourdes (3 000 kilogrammes environ) à la hauteur de 60 mètres, avec une précision absolue pour l'assemblage avec les pièces déjà posées. Ces opérations qui, par la méthode précédente, exigeaient de deux à trois heures, se sont donc faites dans des conditions plus favorables.

Toutes les parties entrant dans la construction de ces appareils de levage étaient métalliques, les bigues aussi bien que les pylônes. Les câbles étaient en acier, ceux de levage, de manœuvre et ceux de roulement. Leur service a été parfait, et il serait difficile, aujourd'hui que le levage est terminé, d'y trouver des traces de détérioration sensibles. Les câbles en chanvre auraient certainement dû être, dans le même laps de temps, renouvelés au moins une fois, sinon deux.

Nous avons indiqué, en décrivant la construction de l'arche prinpale, que l'un des traits essentiels qui la distinguent, c'est l'existence des grands portails d'entrée, aux retombées de l'arc. Outre que ces portraits résolvaient la question capitale de l'entretoisement, ils avaient un avantage immense au point de vue du montage, en ce qu'ils évitaient la nécessité d'un échafaudage au départ, pour soutenir les premières pièces. Pour débuter dans cette opération, on posa en effet les rotules dans leurs sabots, et l'on put y superposer de suite les pièces verticales qui servaient d'amorces aux poitrails à l'intrados. Les premières, collées en quelque sorte aux maçonneries, purent y être amarrées, en laissant seulement la place suffisante pour faire la rivure, puis redressées davantage encore lorsque la rivure fut finie, de façon à régler la direction des pièces suivantes de l'arche. Le premier panneau étant à la fois le plus lourd et le plus grand, l'échafaudage, qui aurait été nécessaire sans l'emploi de ce procédé, eût été fort coûteux. Du côté de Villanova surtout, l'eau est extrêmement profonde, 8 à 10 mètres au moins à quelques mètres de la culée seulement, et de plus le fond consiste en éboulis dans lesquels on ne peut même pas enfoncer de pieux. Il y avait donc avantage, sous tous les rapports, à adopter ce type.

Une fois les portails posés, le montage régulier commença par des portions d'intrados. Leur hauteur suffisait pour que l'on pût les avancer en porte-à-faux jusqu'au premier nœud, où une première

barre de treillis constitua une triangulation, base d'opérations sérieuse pour tout le reste. Mais il ne fallait pas songer à continuer plus loin simplement en porte-à-faux sur le portail. Bien qu'amarré sur sa tête avec un bras de levier de 16 mètres environ, la traction qu'il exerçait sur les maçonneries devenait si considérable, par suite du poids excessif des pièces montées, qu'il eût été dangereux de continuer. On plaça donc au nœud inférieur N° 1 (1) un premier câble de suspension destiné à décharger les maçonneries. Ce câble prenait son appui sur un sommier placé au-dessus du tablier supérieur, dans l'axe de la pile métallique. Il ne donnait plus ainsi qu'une compression verticale à la pile, tout l'effort de la composante horizontale, qui existait par suite de son obliquité, passant dans le tablier supérieur. Le panneau 1 put alors être complété et le montage se poursuivre.

A cette période du montage, on posait, dès le premier moment, la totalité des pièces constitutives de l'arc. On ne pouvait donc pas avancer beaucoup en porte-à-faux, sans se trouver dans la nécessité de créer un nouveau point d'appui. C'est ce que l'on fit au nœud N° 2 où non plus un seul câble, mais un groupe de câbles fut installé dans des conditions analogues au premier.

Ici toutefois, les opérations devenaient plus graves. Les câbles en question devaient éventuellement arriver à supporter une charge de 250 tonnes environ. Pour cela, six câbles furent employés, chacun desquels doublant l'arc, travaillait sur deux brins. Sous l'intrados, au point voulu, était disposé un sommier en fonte, demi-circulaire, de $1^{m},520$ de diamètre, muni de trois gorges, dans lesquelles passaient les câbles. Les extrémités de ceux-ci étaient munies de têtes en acier, reposant sur des sommiers en forme de caisson, placés derrière le montant vertical du tablier supérieur, sur des surfaces d'appui disposées pour cela. L'effort incliné des câbles se décomposait ainsi en un effort vertical sur la pile, et un effort horizontal transmis par le tablier à son extrémité, amarrée comme nous le dirons plus loin. Les têtes de câbles étaient disposées aussi près que possible de l'appui du sommier, afin de ne pas trop le fatiguer. La direction des câbles était telle, toutefois, qu'un même câble avait ses

(1) Le numérotage des nœuds ou des montants est fait à partir de chaque culée, où le montant-portail porte le N° 0.

deux extrémités placées près des deux poutres. Les brins du câble passant entre les deux arcs se croisaient donc dans cet intervalle, tandis que ceux passant à l'extérieur des arcs restaient à l'extérieur aussi des poutres du tablier. Cette disposition avait, selon nous, le très grand avantage d'égaliser d'une façon absolue la tension exercée sur les deux poutres du tablier, et de faire travailler d'une façon identique les deux amarrages de ce tablier.

L'extrémité de chaque tablier reposait sur la culée par des calages temporaires en bois. Pour l'assujettir et prévenir les déplacements dus aux tractions des câbles, il était amarré par des poutres spéciales rejoignant des points fixes. Du côté Villanova, quatre de ces tiges — une par membrure — pénétraient dans la roche, à 36 mètres de distance, jusque dans des galeries fermées par des voûtes horizontales, que traversaient les tirants, et qui supportaient la traction ainsi produite. Du côté Porto, les tiges s'infléchissaient dans la culée, la traction se faisant obliquement sur une masse de maçonnerie convenablement disposée à cet effet.

Il fallait nécessairement prévoir le besoin où l'on pouvait se trouver d'avoir à relever ou à abaisser les points soutenus par les câbles. Ceux-ci une fois posés, il ne fallait plus songer à les raccourcir ni à les allonger. On arriva donc à ces fins en relevant les attaches des câbles, consistant en sabots, ainsi que nous l'avons dit. A cet effet, des crochets hydrauliques étaient disposés de façon à saisir ces attaches et à les relever, le câble conservant rigoureusement sa direction. On ne relevait jamais assez une extrémité du câble pour le déplacer sur le sabot de l'intrados, afin d'éviter le frottement sur la fonte de celui-ci; mais on opérait successivement sur tous les câbles, leur élasticité se prêtant parfaitement à ces tensions répétées.

Les câbles ainsi disposés permirent d'atteindre le montant N° 4. On les déplaça alors une seconde fois, le point soutenu par eux étant cette fois sous l'extrados. Dans cette dernière position, ils étaient au nombre de seize, la tension maxima qu'ils devaient avoir à supporter étant de 365 tonnes, correspondant au moment où la jonction de l'arche à la clef devait se faire. Le porte-à-faux ainsi atteint, au delà des attaches, était de 52 mètres.

La jonction des deux moitiés de l'arche devait se faire sur l'intrados, les derniers panneaux du milieu n'étant, à ce moment, que par

tiellement montés. L'extrados notamment, très lourd en cet endroit, avait été laissé de côté sur une longueur de cinq panneaux; les treillis étaient cependant posés afin de raidir, ainsi qu'il convenait, l'intrados.

Lorsqu'on fut arrivé au point N° 8 de chaque côté, on mesura l'écartement des deux points symétriques, et l'on vérifia leur niveau. On trouva que la distance entre ces points était trop faible de quelques centimètres, 0m05 environ, et que l'un des côtés était plus bas que l'autre de 8 centimètres. On releva l'arc le plus bas, et l'on se trouva à peu près de niveau. Mais lorsqu'il ne restait plus à insérer que la dernière pièce, celle de la clef, on revérifia à nouveau, avec plus de soin. L'on trouva alors que l'un des côtés était encore plus bas que l'autre de 5 centimètres environ, et que l'ouverture restante était trop petite de 20 à 26 millimètres. L'opération était faite dans la journée,au moment où la chaleur avait dilaté les deux moitiés d'arc. On releva donc l'arc qui était trop bas, et l'on put constater en même temps, qu'à la fraîcheur du matin l'écart entre les abouts de membrures augmentait jusqu'à 35 ou 40 millimètres. On profita de cette circonstance pour poser, le 11 août 1885, de grand matin, les deux dernières pièces. L'une d'elles se présenta avec une exactitude absolue, il suffit de brocher et de poser les boulons pour que la jonction fût complète. L'autre se présenta devant un vide encore de 4 à 5 millimètres trop petit. Le travail des broches fut suffisant pour qu'au bout de peu de temps la pièce pût aussi être mise en place et la jonction terminée. La pose rapide de quelques entretoises et contreventements permit de considérer comme heureusement achevée la partie la plus délicate et la plus importante du travail.

L'on ne nous contredira pas quand nous dirons ici que la précision de ce résultat témoigne à la fois de la perfection de l'exécution de l'ensemble de toutes les parties métalliques, et du soin qui a été apporté, aussi bien aux implantations qu'aux opérations successives du montage. A l'appui de ce que nous disons, nous citerons un fait que, pendant toute la durée du levage, on a pu vérifier l'axe de la construction et que, jusque tout près de la clef, l'axe visuel concordait avec les rivets d'axe des entretoises et contreventements successifs. Ce n'est que dans le voisinage du sommet qu'une déviation s'est fait sentir, de quelques centimètres à droite ou à gauche ; mais on découvrit bientôt que ces déviations avaient pour cause le

réchauffement inégal des deux arcs, et qu'elles disparaissaient rapidement. La jonction des deux arcs, chacun dans son plan, fut la preuve décisive de l'exactitude de l'ensemble.

La rivure avait constamment suivi,de plus ou moins près, le montage. Dès la jonction opérée à la clef ,on put consolider cette partie par la rivure des joints et des pièces de triangulation. Il en fut de même à l'égard de l'extrados, dont la fermeture eut lieu dix jours après l'intrados, quatre jours ayant été perdus dans l'intervalle à des fêtes diverses.

Dès que l'arche fut fermée complètement, on reprit le montage des pièces du tablier supérieur, lequel avait été arrêté ainsi que nous l'avons dit. Il rejoignit l'entretoise n° 7 de l'arc, où il trouve son appui. Dès lors, les amarrages devenaient inutiles, les tabliers conservant encore une faible tension sous l'effet de la charge des câbles de levage. On les défit, et on reprit le montage du tablier inférieur.

Les tiges de suspension étant mises en place, on s'occupa d'y fixer les poutres. Partant des culées, on avança en porte-à-faux, comme nçant par les membrures inférieures, très rigides, et en les suspendant provisoirement à l'arche par des câbles de secours. On leur superposa ensuite les treillis et les membrures supérieures,complétant ainsi les poutres, en même temps que l'on posait les pièces de la chaussée. La première suspension atteinte, on avança en porte-à-faux, observant toujours la même succession des pièces du tablier. La jonction eut lieu au milieu, sans qu'il y eût rien de spécial à signaler.

Toutes ces opérations de montage furent conduites, comme celles de l'arche, au moyen de l'appareil funiculaire.

Nous terminons ce que nous avons à dire des opérations sur place, par quelques remarques sur le système d'ensemble et du montage.

On a objecté au principe des montages en porte-à-faux, en raison des dangers qu'ils étaient censés offrir. A propos du pont Maria Pia, le premier monté par cette méthode, on a dit qu'il n'avait guère pu être mené à bonne fin que par un concours de circonstances heureuses, et notamment par suite de l'absence d'aucune tempête. C'est là une erreur : la sécurité dans ce mode de montage est absolue, si toutes les précautions naturelles sont bien prises. On se rendra

compte par un peu de réflexion qu'un demi-arc, posé sur ses appuis et retenu vers le haut par des câbles qui tirent en arrière, est dans des conditions de stabilité particulièrement bonnes, à peu près comme une console à large base. Il est facile de l'examiner par le calcul et de déterminer les efforts qui peuvent exister dans toutes ses parties. Cet examen donnera toujours, dans des cas analogues, des résultats des plus satisfaisants.

Au demeurant, l'expérience est venue montrer l'exagération des craintes de cette nature. Pendant le montage du grand arc du Garabit, la tempête du 26 janvier 1884, une des plus violentes de la région, n'a produit aucun dégât à cet ouvrage, tandis que la même tempête causait un désastre au viaduc de la Tardes, situé dans une région analogue et à peu de distance de là, jetant dans le ravin le tablier qui était encore sur ses galets de lançage. La base d'appui d'un pont en lançage n'est pas comparable à la base d'un arc qui s'avance comme ceux dont nous parlons ici.

Mais à Porto même, pendant l'exécution du pont Luiz I^{er}, et lorsque l'arc était déjà arrivé à un certain degré d'avancement, deux tempêtes successives, d'une grande violence, se sont produites. La vitesse du vent n'a malheureusement pas été mesurée, mais les dégâts dans la région furent de ceux qui caractérisent les plus forts ouragans. Sur notre chantier même, dans les deux occasions, des madriers furent enlevés de dessus le tablier supérieur et jetés sur les maisons au-dessous. Des échafaudages de moindre importance furent emportés. Les bigues des câbles de roulement furent redressées, mais là s'arrêtèrent les effets du vent. Pour caractériser encore la violence de la tempête par un autre détail, nous signalerons ce fait assez curieux que, dans nos bureaux, une fenêtre fermée fut défoncée en bloc par la violence du vent et jetée à l'intérieur. Dans la construction, alors en plein dans le décousu du montage, pas le moindre dégât ne se produisit, et le travail ne fut interrompu que pendant les heures que dura la tempête.

Quant au système de montage funiculaire, on a critiqué la trop grande mobilité, les trop faciles oscillations des câbles avec les charges qu'ils ont à lever. Ces critiques se sont montrées sans fondement. Du commencement à la fin, les opérations de levage se sont faites avec une précision et avec une sûreté que l'on ne pouvait pas attendre de la part d'ouvriers encore inhabiles et qu'il a fallu for-

mer. L'outil qu'ils avaient entre leurs mains est devenu d'une telle précision qu'ils arrivaient à présenter chaque pièce avec la pente et la direction exactes qu'elle devait occuper, et que l'assemblage n'était qu'une affaire de peu d'instants. Il faut dire qu'ils étaient en cela aidés par une exécution d'une précision complète, et si soutenue que, pendant tout le montage du grand arc, il n'a pas fallu redescendre une seule pièce pour y faire une retouche ou une correction.

Nous avons décrit dans ses détails les plus intéressants l'ouvrage qui restera pendant quelque peu de temps le plus grand comme portée, et cela, sans doute jusqu'à l'achèvement du pont du Forth. Il est aussi le seul, croyons-nous, qui porte à la fois deux routes distinctes situées à une grande hauteur l'une au-dessus de l'autre. C'est là un cas exceptionnel qui se présentera sans doute très rarement, si jamais il se reproduit. Il est permis de se demander si dans cette construction on peut reconnaître un progrès ou si tout bonnement les chemins déjà battus ont été plus ou moins heureusement suivis. Ce n'est pas au constructeur à le dire, mais bien plutôt à lui de faire appel à la critique et au jugement de ses collègues. Ce qui lui est permis, c'est de signaler les difficultés vaincues, parmi lesquelles il faut rappeler en première ligne celle de la résistance au vent dans la condition si défavorable d'être obligé de faire passer une route au point même où devraient se trouver les pièces les plus résistantes, c'est-à-dire au point d'appui. La seconde consistait dans le montage du grand arc, opération dont les conditions d'ensemble se reproduisaient ici pour la troisième fois, mais en opérant sur des poids approximativement doubles de ceux précédemment employés.

Enfin, pour ne plus parler des détails, mais des grandes lignes seulement, il fallait tenir un juste compte des satisfactions à donner à la forme, au coup d'œil, tout en laissant à l'ensemble son caractère d'œuvre rationnelle et économique. La construction est achevée, elle a bravé déjà plus d'une tempête dans des conditions défavorables, et on peut considérer comme résolus les deux premiers points. Nous soumettons avec confiance au jugement de nos collègues l'ensemble de notre travail, avec l'espoir que leurs critiques auront pour résultat un nouveau pas en avant dans l'art si développé déjà des constructions métalliques.

CHRONIQUE

Sommaire. — Théorie des machines à vapeur. — Nouvelle locomotive américaine. — Le travail de l'acier. — Mouvement du port de Paris. — Consommation de vapeur des pulsomètres.

Théorie des machines à vapeur. — Les Mémoires de l'*Institution of Engineers and Shipbuilders in Scotland* contiennent un travail de M. Henry Dyer sur l'état actuel de la théorie de la machine à vapeur qui, sans présenter de considérations bien nouvelles, résume d'une manière assez satisfaisante l'état actuel de nos connaissances sur cette importante question.

Après avoir rappelé que l'ancienne théorie de la machine à vapeur, basée sur la nature immatérielle des capacités où agit le fluide moteur, conduit à des erreurs qui peuvent dépasser 50 0/0 et doit être remplacée par une théorie qui tienne compte des conditions de la pratique, c'est-à-dire de l'influence prépondérante des parois des cylindres, l'auteur examine successivement les méthodes qui peuvent être employées pour augmenter l'effet utile de la vapeur, soit isolément, soit simultanément.

Ces méthodes sont :

1° L'emploi des enveloppes de vapeur;

2° La réduction de l'effet des différences de température par la division du travail de la vapeur entre des cylindres successifs;

3° La surchauffe de la vapeur.

Tous ces procédés ont pour but de réduire l'action fâcheuse des parois des cylindres et de prévenir les pertes d'effet utile de la vapeur; ils ont été tous proposés d'abord sans qu'on se rendît bien compte de leur manière d'agir. L'emploi de l'enveloppe de vapeur est dû à Watt, mais on ne peut guère attribuer d'autre raison à cet emploi, par l'illustre ingénieur, que le désir de s'opposer au refroidissement du cylindre par des influences extérieures. Les successeurs de Watt ne virent pas plus loin et, comme on ne tarda pas à se rendre compte que l'enveloppe présentait au rayonnement extérieur une plus grande surface que le cylindre lui-même, on ne tarda pas à abandonner cette disposition dont l'effet utile était d'ailleurs peu considérable pour des machines à faible pression et à faible détente.

Les choses se sont passées d'une manière analogue pour les machines à deux cylindres qui ont été employées depuis longtemps pour des considérations étrangères à la question d'économie, savoir pour la régularité de leur marche et pour la réduction des efforts sur les pièces du mécanisme; on constatait bien en même temps que ces machines

dépensaient peu de vapeur relativement, mais, comme la théorie indiquait qu'il était indifférent que la détente d'un volume donné de vapeur s'effectuât dans un ou dans deux cylindres, on ne se rendait pas compte de la raison de cette économie.

D'autre part, on a fréquemment surchauffé la vapeur dans les machines marines à moyenne pression, et on attribuait les avantages réellement constatés à diverses raisons, dont quelques-unes n'avaient que peu de relations avec les véritables.

La machine marine actuelle peut être considérée comme formée par une réunion de compromis, et on ne peut guère la critiquer au point de vue de la théorie pure, fût cette théorie irréprochable, parce que ces compromis ont été adoptés par suite de considérations pratiques. On ne doit pas en effet se proposer de faire seulement une machine thermique à rendement acceptable, mais surtout une machine fonctionnant pratiquement, et, en se rapprochant du second désidératum, on s'écarte nécessairement du premier. Si, par exemple, la théorie conduit à multiplier le nombre des cylindres pour réduire dans chacune la chute de température entre l'entrée et la sortie, on est amené à examiner si le frottement des pistons, tiges, tiroirs, etc., ne fait pas perdre plus qu'on ne gagne et si, en conséquence, on ne se trouve pas obligé à se limiter dans le nombre des récipients à employer.

D'ailleurs l'économie de combustible, si importante qu'elle soit, n'est pas la seule chose à considérer, même pour les machines marines; il y a encore les questions d'avaries, d'économie d'entretien, de poids, de volume, etc., lesquelles doivent être pesées avec le plus grand soin et mises en balance avec la réduction de consommation de combustible.

1° L'avantage de l'enveloppe de vapeur provient de ce que son emploi empêche la condensation de la vapeur dans le cylindre en fournissant de la chaleur aux parois, depuis l'intérieur de l'enveloppe, de sorte que la condensation résultant de cette fourniture de calorique se fait dans l'enveloppe où la pression est constante, et non dans le cylindre où la pression est variable et où par conséquent l'eau résultant de la condensation pourra se vaporiser plus tard, en amenant une perte de calorique. L'action de l'enveloppe est toutefois plus complexe qu'on ne le suppose généralement. Non seulement elle empêche ou du moins atténue la condensation qui serait produite par le travail externe effectué par la vapeur, mais encore et surtout elle modifie d'une manière très importante l'action des parois du cylindre en réduisant la condensation pendant l'admission, et augmentant la revaporisation pendant la détente, de sorte qu'à la fin de la course, il ne reste dans le cylindre qu'une plus faible proportion d'eau, ce qui réduit ce qu'on appelle le refroidissement par le condenseur.

L'avantage de l'enveloppe varie d'importance selon les conditions dans lesquelles fonctionne la machine, et, dans certains cas, comme dans les machines à faible détente, l'enveloppe peut être non seulement

inutile, mais même nuisible. D'autre part, lorsque le taux de l'expansion est élevé, l'enveloppe, en empêchant l'abaissement excessif de température des parois du cylindre, peut donner une économie importante en augmentant dans une proportion qui va de 15 à 25 0/0 le travail produit par un poids donné de vapeur.

L'emploi de l'enveloppe, quels que soient ses avantages, semble une infraction aux lois fondamentales de la thermodynamique, qui proportionnent l'effet utile des machines utilisant le calorique à la différence des températures extrêmes, tandis que l'enveloppe transmet la chaleur de la vapeur à des températures intermédiaires entre les extrêmes. On peut donc considérer l'enveloppe comme une sorte de palliatif, c'est-à-dire un mal nécessaire, si on considère uniquement le point de vue théorique, justifié seulement par les conditions de marche pratique des machines et par la nature matérielle des parois des cylindres; l'accroissement de travail qu'elle permet d'obtenir dans le fonctionnement à détente n'est aucunement en rapport avec le travail qu'on obtiendrait de la même quantité de chaleur si celle-ci était utilisée directement.

Dans la session 1861-62 de l'*Institution of Engineers and Shipbuilders in Scotland*, le professeur Rankine lut un travail dans lequel il rendait compte des expériences de M. Isherwood sur les machines du steamer de la marine des Etats-Unis *Michigan*; il y établissait que la température d'une partie des parois variait avec la température de la vapeur, tandis que la grande masse du métal conservait une température sensiblement constante. Dans d'autres mémoires, même plus récents, l'illustre savant ne semble pas avoir toujours suivi la même manière de voir. On trouve, en effet, les considérations suivantes dans sa notice nécrologique sur John Elder, publiée peu de temps avant sa mort : « Une des premières conséquences déduites des principes de la thermodynamique est que, lorsque la vapeur travaille avec détente, il disparaît une quantité de chaleur suffisante, non seulement pour réduire la température de la vapeur à un taux correspondant à celle de la nouvelle pression, mais encore pour condenser une partie de cette vapeur. Cette vapeur condensée se réunit sous forme de liquide dans le cylindre et si celui-ci, ainsi que le piston, était d'une matière non conductrice du calorique, cette eau finirait par être évacuée au condenseur sans entraîner de perte de chaleur. Mais le cylindre et le piston, étant faits d'une matière qui conduit le calorique, cèdent de la chaleur à la couche d'eau liquide qui recouvre leurs surfaces et la revaporisent lorsque la capacité du cylindre est mise en communication avec le condenseur ; la chaleur de vaporisation passe au condenseur, tandis que les parois intérieures se refroidissent, alors même que les surfaces extérieures du cylindre sont protégées efficacement contre le rayonnement. Lorsque la vapeur arrive dans le cylindre au début de la course suivante, une partie se condense immédiatement au contact des parois relativement froides, et la chaleur mise en liberté élève la température de ces parois à l'égal de celle de la vapeur

affluente, de sorte qu'à la fin de la seconde course la quantité d'eau qui se revaporise et emporte de la chaleur au condenseur est plus grande que celle qui existait à la fin de la première course. La quantité augmente à chaque coup de piston jusqu'à ce qu'elle atteigne une limite qui dépend principalement de la différence des températures au commencement et à la fin de la détente, et l'effet est le même que si une quantité correspondante de vapeur passait directement de la chaudière au condenseur sans produire du travail. Dans des expériences récentes, on a trouvé que la quantité de vapeur ainsi perdue pouvait arriver à dépasser la quantité utilisée, de sorte que la vapeur dépensée en totalité représentait plus du double de celle qui travaillait réellement.

» Le remède à cette cause de perte consiste à prévenir la condensation de la vapeur pendant la détente, et on y arrive en entourant le cylindre d'une enveloppe annulaire dans laquelle on fait arriver de la vapeur venant directement de la chaudière ou en surchauffant la vapeur avant son introduction au cylindre ; ces deux moyens peuvent d'ailleurs être employés simultanément. La vapeur est ainsi maintenue sensiblement à l'état de siccité, état auquel elle conduit mal la chaleur ; l'humidité en est cependant suffisante pour lubrifier les parties frottantes, mais elle n'est pas assez grande pour transmettre une quantité de chaleur appréciable du métal du cylindre et du piston au condenseur. »

On remarquera que Rankine ne semble pas établir clairement de distinction entre la condensation due à la détente et celle qui se produit pendant l'admission et qu'il regarde comme possible et désirable de prévenir la condensation d'une manière absolue par l'emploi d'une chemise de vapeur. Mais, comme on l'a vu plus haut, il y a une grande différence entre les deux et, à la fin de la course, même avec des enveloppes de vapeur, il y a, surtout dans les machines à un seul cylindre et aussi dans les cylindres à basse pression des machines Compound dans lesquels il est souvent impossible de compenser la condensation et la revaporisation, une certaine quantité d'eau qui entraîne une perte notable de calorique, alors que Rankine admet que l'influence des parois n'est importante que lorsqu'on ne prend aucune précaution pour s'y opposer.

On a fait un grand nombre d'expériences qui mettent en évidence l'effet des parois du cylindre, mais on ne possède cependant pas encore de données suffisantes pour déterminer la perte de calorique par l'effet qui nous occupe, dans des conditions déterminées de pression, de détente et de vitesse, même avec une approximation suffisante pour les besoins de la pratique. Cette question est à elle seule assez importante pour être traitée à part, et l'auteur a l'intention d'en faire le sujet d'un travail spécial qu'il publiera ultérieurement.

(A suivre.)

Nouvelle locomotive américaine. — Cette locomotive, construite aux Brook's Locomotive Works, à Dunkirk, Etat de New-York, a pour particularité l'emploi de la chaudière Coventry à retour de flamme. Elle a été essayée sur la section de New-York du Pennsylvania, Railroad; on ne connaît pas encore les résultats au point de vue économique, mais il semble qu'elle donne toute satisfaction pour la fumivorité.

La chaudière se compose d'un corps cylindrique de 1m,540 de diamètre, sur 7m,120 de longueur en tôle d'acier de 12 1/2 millimètres. Le foyer a 1,770 de longueur sur 0m,860 de large et le ciel est à 1m,22 au-dessus de la grille; de la plaque tubulaire du foyer partent des tubes de 50 millimètres de diamètre et 3m,475 de longueur, au nombre de 152, qui aboutissent à une chambre de combustion placée à l'avant de la chaudière et d'où partent 43 tubes, de 75 millimètres de diamètre et de la même longueur que les précédents, qui ramènent les gaz de la combustion à l'arrière dans une boîte à fumée placée au-dessus du foyer; la cheminée s'élève verticalement au-dessus et se trouve ainsi entre le cab et le dôme. Une porte établie dans la plaque d'arrière de la chaudière donne accès dans la boîte à fumée, permet de mettre en place la tuyère d'échappement et sert également au nettoyage.

Les tuyaux d'échappement des cylindres sont disposés latéralement à la chaudière et pénètrent dans la boîte à fumée à la base de la cheminée; vu leur grande longueur, ils sont munis de joints de dilatation.

La chaudière est en entier en acier Otis; elle pèse 10,400 kilog., la surface de chauffe est de 117,65 mètres carrés. La machine sur laquelle elle est montée est une locomotive du type ordinaire à cylindres de 0m,433 de diamètre et 0m,610 de course avec des roues de 1m,550.

Le travail de l'acier. — Dans la séance du 26 janvier dernier de l'*Institution of civil Engineers*, M. C. E. Stromeyer a fait une communication sur l'influence pernicieuse de certaines températures sur les qualités du fer et de l'acier.

On a éprouvé dans l'emploi de l'acier, notamment pour les chaudières, certains insuccès dont on ne pouvait se rendre compte et qui ont conduit beaucoup d'ingénieurs a éprouver peu de sympathie pour cet emploi. L'examen attentif des faits a conduit à reconnaître que, dans ces divers cas, les tôles ou barres d'acier avaient été travaillées à chaud et il est très probable, ou qu'elles n'étaient chauffées qu'à la chaleur sombre, ou qu'elles étaient tombées à cette température pendant le travail. Elle peut être considérée comme très critique pour l'acier, comme du reste pour le fer; mais, comme ce dernier est moins ductile que l'acier, il est moins exposé à être travaillé à des températures aussi basses.

L'auteur désigne cette température critique par l'expression de *chaleur bleue*, et d'après lui, elle comprend toutes les températures qui produisent sur la surface de l'acier ou du fer poli, des décolorations variant du jaune paille clair au bleu.

M. Stromeyer a fait un grand nombre d'expériences, qui démontrent

qu'une barre d'acier pliée à froid peut supporter un très grand nombre de flexions ultérieures, mais que, si elle a été pliée à la chaleur bleue, elle a à peu près perdu toute élasticité, et se brise souvent au premier coup de marteau.

Le fer de Lowmoor, traité de même, ne se rompt pas si facilement; mais néanmoins, plié une première fois à la chaleur bleue, il ne supporte qu'un nombre de flexions moitié à peu près de celui qu'il supporte plié à froid.

Ces considérations doivent être d'un grand poids dans le travail de la forge et de la chaudronnerie; on doit éviter de marteler ou de cintrer les pièces si elles ne sont au rouge ou tout à fait froides, et s'il y a absolument nécessité de le faire à une température intermédiaire, il faut avoir soin de recuire le métal avec le plus grand soin. Du reste, depuis l'introduction de l'emploi de l'acier doux, les chaudronniers ont la précaution de cesser de travailler les pièces, lorsque du rouge elles sont tombées à une température assez basse pour que le frottement d'un manche de marteau ou d'un morceau de bois quelconque ne donne pas de coloration. Toute température intermédiaire entre celle-ci et celle qui permet de toucher le métal avec la main, est dangereuse et doit exclure tout travail des pièces.

L'auteur ne croit pas que la théorie qui attribue au chauffage partiel des pièces la production de tensions locales, amenant des fissures ou ruptures, soit appuyée par l'expérience, mais il ne pense pas toutefois qu'on doive pratiquer le recuit partiel des tôles; il désire voir ces questions étudiées de plus près, car ce sujet est de nature à attirer l'attention sérieuse des fabricants d'acier.

On trouvera plus loin le compte rendu d'un mémoire de MM. Osmond et Werth, inséré dans les *Annales des Mines* ; les considérations que ce mémoire renferme relativement à la structure intime de l'acier, peuvent jeter quelque lumière sur la manière dont ce métal se comporte à la température indiquée comme critique par M. Stromeyer.

Mouvement du port de Paris. — Le port de Paris est l'objet d'un trafic considérable, qui le place au premier rang des ports du territoire français. Ce trafic s'est élevé en 1883 à 5,334,095 tonnes de marchandises transportées par 39,648 bateaux, alors que le poids total des marchandises entrées et sorties pendant la même année à Marseille, notre premier port de commerce, a été de 4,667,662 tonnes, inférieur par conséquent de 663,000 tonnes au trafic du port fluvial de Paris.

Cet énorme chiffre de 5,334,095 tonnes se divise très inégalement entre les arrivages, les expéditions, le transit et le trafic local. Les arrivages représentent plus des trois quarts du tonnage de Paris, qui est avant tout un port de destination. Il recourt notamment à la voie d'eau pour s'approvisionner de matériaux de construction, de

houille et de bois de toute espèce qui sont nécessaires à ses diverses industries et à sa consommation domestique. Ces trois éléments représentent à eux seuls 80 pour cent du tonnage débarqué à Paris, soit 3,165,733 tonnes. Après, viennent les produits agricoles et les denrées alimentaires avec 382,000 tonnes, soit 10 pour cent des arrivages.

Paris n'emploie que dans une faible mesure la voie d'eau pour ses expéditions; le fret de retour fait donc souvent défaut et la plupart des bateaux, venus à Paris avec un chargement, sont obligés de retourner à vide; sur 100 bateaux arrivant à Paris, 83 en repartent à vide, 17 seulement avec un chargement.

L'agglomération parisienne est, en effet, avant tout un grand marché de consommation, et, de plus, ses industries emploient des quantités considérables de matières premières, qu'elles transforment pour les réexpédier en produits dont le poids et le volume sont relativement restreints,

La faible proportion des expéditions dans le trafic local n'est pas spéciale aux transports par eau; les chemins de fer subissent, bien que dans une moindre mesure, les mêmes influences. En effet, leurs arrivages représentent 70 pour cent du mouvement des marchandises dans les gares de Paris et les expéditions 30 pour cent seulement.

Voici dans quelles proportions se partage le trafic des marchandises; à Paris, entre les voies fluviales et les chemins de fer:

DÉSIGNATION	EXPÉDITIONS		ARRIVAGES		ENSEMBLE	
	TONNAGE	P. 100	TONNAGE	P. 100	TONNAGE	P. 100
Voies fluviales . .	619.883	18	3.938.930	37	4.558.813	32
Chemins de fer. .	2.858.219	82	6.781.238	63	9.640.457	68
	3.479.102	100	10.720.168	100	14.199.270	100

Si l'on considère qu'indépendamment des 5,334,095 tonnes de marchandises qu'elle transporte, la Seine est sillonnée entre Charenton et Suresnes par une véritable flottille de bateaux à vapeur, on aura la mesure des services que l'agglomération parisienne retire de la voie fluviale.

Disons ici quelques mots du service des bateaux-omnibus. Autorisé en 1867, il a pris un rapide développement. De 3,529,000 voyageurs transportés en 1868, la circulation a successivement atteint, en 1872, le nombre de 6,455,000 voyageurs 9,343,000 en 1876, 13,867,000 en 1881 et 16,844,000 en 1883.

Cet accroissement de trafic ne s'est pas ralenti; en 1884, le nombre des passagers s'est élevé à 18,428,000 ainsi répartis :

Traversée de Paris	13,345,000	voyageurs
Banlieue amont	3,649,000	—
Banlieue aval.	1,434,000	—

Le service a été fait par 70 bateaux à vapeur, dont 50 appartiennent à la Compagnie des bateaux-omnibus et 20 à la Compagnie des Hirondelles. Enfin en 1885 s'y est ajoutée la flottille des bateaux-express.

Les expéditions proprement dites, déduction faite du trafic local qui est pour ainsi dire exclusivement alimenté par les vidanges conduites à Aubervilliers et aux Récollets, sur le canal Saint-Denis, et qui s'élève à 487,357 tonnes, représentent, comme on l'a vu dans le tableau ci-dessus, un tonnage de 619,883 tonnes. Sur ce chiffre, 398,883 tonnes ont été embarquées sur la Seine et 221,000 tonnes sur les canaux Saint-Martin et Saint Denis

Au point de vue de la direction, 228,571 ont été dirigées vers la basse Seine, 338,807 vers la haute Seine et 52,000 vers les ports de l'Ourcq.

Le tonnage de la basse Seine se divise entre la Seine proprement dite, dont la destination de Rouen absorbe la plus grande partie : 109,314 tonnes composées en plus grande partie des produits agricoles et denrées alimentaires, métaux, produits industriels, etc., et la direction du Nord pour l'Oise.

En remonte, Paris expédie par la haute Seine un tonnage de 338,807 tonnes comprenant entre Paris et Montereau, des vidanges et engrais pour Choisy-le-Roi, des céréales pour Corbeil, des combustibles minéraux et des marchandises diverses à destination de Choisy-le-Roy, Corbeil, Saint-Mammès et Montereau. Viennent ensuite des marchandises à destination des ports de l'Yonne, du canal de Bourgogne et de Chalon et de Lyon. Cette dernière ville a reçu de Paris par la voie fluviale 19,663 tonnes de marchandises diverses, produits agricoles et denrées alimentaires, bois, etc. Il y a également la ligne de l'Est par la Marne vers Reims, Saint-Dizier et Nancy, qui représente un tonnage de 43,679 tonnes, et les lignes de la Loire, les canaux du Centre et latéraux à la Loire et du Berry, qui ont un tonnage de 75,491 tonnes.

Les arrivages se répartissent comme suit :

Marchandises entrées	par la haute Seine . .	1,817,210	t.
— —	par la basse Seine . .	1,600,000	t.
— —	par l'Ourcq.	521,930	t.
	Total.	3,938,930	t.

Plus de la moitié des arrivages de la haute Seine, soit 1,077,356 tonnes

dont 989,314 de matériaux de construction, vient des ports situés entre Montereau et Paris ; le canal de Bourgogne donne 83,561 tonnes, dont 57,000 de matériaux de construction ; le Rhône et la Saône 26,532 seulement, dont 24,332 embarquées à Lyon.

Les lignes du Bourbonnais et du Nivernais donnent 383,235 tonnes ; les canaux de la Marne et de l'Est 200,000 tonnes, dont 130,000 de pierres, briques, poteries, etc., et 43,000 de bois.

Dans les 521,000 tonnes provenant des ports de l'Ourcq, il y a 478,700 tonnes de matériaux de construction, notamment de plâtre.

Le tonnage en remonte se divise en 709,000 tonnes, en provenances de la basse Seine, 345,000 du Nord et de la Belgique et 45,000 de la ligne des Ardennes.

Rouen fournit 390,000 tonnes dont 123,600 de céréales et denrées alimentaires, 92,000 de liquides ; les charbons anglais ne figurent que pour 31,000 tonnes.

La direction du Nord et de la Belgique fournit 846,000 tonnes, dans lesquelles les houilles belges et françaises entrent pour 689,000[1], dont 169,159 venant de Mons, 108,000 de Charleroi et 412,000 des bassins français du Nord et du Pas-de-Calais. Le reste se compose de matériaux de construction, pour 70,000 tonnes, principalement des pierres embarquées sur l'Oise, des produits agricoles, produits métallurgiques, bois, etc.

Sur les 43,000 tonnes provenant de l'Aisne et des Ardennes, près des deux tiers, 26,000 tonnes, consistent en matériaux de construction, pierres de taille de la vallée de l'Aisne, etc.

La circulation en transit s'effectue presque entièrement par la Seine, bien que les canaux offrent une diminution de parcours de 18 kilomètres ; la préférence de la batellerie s'explique par le fait que la réduction de parcours des canaux se trouve compensée par la facilité de navigation sur la rivière, où on ne trouve que l'écluse de Suresnes entre Paris et Saint-Denis, tandis qu'il y a 21 écluses à franchir sur les canaux ; de plus le surcroît de dépenses en frais de traction sur la rivière n'atteint pas, toutes choses égales d'ailleurs, le montant des droits de navigation que la ville perçoit sur ses canaux.

Le transit se partage très inégalement entre la direction de la haute Seine vers la basse Seine, qui représente 202,000 tonnes, et la direction inverse, soit la remonte, qui n'est que de 88,880 tonnes.

Ce sont les ports de la haute Seine qui fournissent la part la plus importante du transit à la descente, en matériaux de construction, bois et produits agricoles.

Le transit à la remonte est surtout alimenté par les produits agricoles, notamment des céréales expédiées de Rouen à destination de

1. Les voies fluviales transportent un tiers des combustibles minéraux consommés à Paris et dans sa banlieue.

Corbeil, et par des houilles provenant de la Belgique et des bassins du nord de la France.

Les documents ci-dessus sont publiés dans le *Bulletin* du Ministère des Travaux publics.

Consommation de vapeur des pulsomètres. — Ala réunion du mois d'octobre 1885 du groupe de Siegen de l'Association des Ingénieurs allemands, M. Majert a donné quelques renseignements curieux sur la consommation de vapeur d'un pulsomètre, comparé à celle de deux machines à vapeur; les trois engins faisant le même travail, consistant à élever de l'eau d'un puits dans un réservoir. La vapeur était, dans les trois cas, fournie par la même chaudière marchant à 6 atmosphères de pression.

Les machines à vapeur étaient, d'une part, une ancienne machine ordinaire, sans condensation, à cylindre horizontal et, de l'autre, une machine Compound à condensation, à deux cylindres actionnant des manivelles à 135 degrès. Cette dernière a remplacé la précédente, et comme on ne pouvait la mettre en place qn'après avoir enlevé celle-ci, on avait dû installer un pulsomètre pour élever l'eau pendant l'interruption de marche de la machine élévatoire, qui a duré 14 jours; c'est ce qui a amené la comparaison dont nous nous occupons.

On a trouvé que, pour le même travail, les dépenses de vapeur du pulsomètre, de la machine ordinaire et de la machine Compound étaient dans le rapport de 20, 10 et 4; le rendement du pulsomètre ayant été trouvé de 5,000 kilogrammètres par kilogramme de vapeur, les dépenses seraient ainsi pour les trois appareils de 54 kilogr, 27 kilogr et 10,8 kilogr de vapeur par cheval en eau montée.

Cette comparaison ne porte que sur la dépense de vapeur proprement dite et ne saurait avoir pour effet de mettre en doute les services que peut rendre le pulsomètre pour certains cas où des considérations autres que celle-ci entrent en ligne de compte.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

Novembre 1885

Rapport de M. Schlemmer sur les **nouveaux ponts portatifs** du système Eiffel.

Le problème, résolu par M. Eiffel d'une manière simple et efficace, consistait à construire des ponts composés de pièces d'un très petit nombre d'échantillons différents, de manière à en faciliter le montage sur place et à permettre de l'effectuer sans avoir recours à des plans de montage et en employant les premiers ouvriers venus.

Trois sortes de pièces suffisent pour composer les ponts : des éléments triangulaires courants, des éléments d'extrémité et des tirants; ces pièces sont assemblées par de gros boulons tournés et pénétrant dans les trous forés, sans jeu appréciable.

Les ponts se composent de deux poutres ainsi constituées, de pièces de pont ou entretoises porteuses, reliées par des files de longerons qui supportent la voie, et la structure du pont est complétée par un contreventement.

Les types les plus employés jusqu'à ce jour sont des ponts routes, allant jusqu'à 24 mètres de portée, des ponts militaires, des ponts pour voie Decauville, des ponts pour chemins de fer à voie étroite, des ponts pour rétablissement de chemins de fer à voie normale et des passerelles pour piétons et bêtes de somme.

Rapport de M. Biver sur les **appareils à élever les liquides corrosifs** présentés par M. Kolb.

Ces appareils se rattachent à deux types, les émulseurs et les pulsomètres à air comprimé.

Les émulseurs sont des espèces de siphons à coude placé à la partie inférieure, dans la longue branche desquels on fait arriver, par le bas, de l'air comprimé introduit par un très petit trou, de manière à émulsionner le liquide. La densité moyenne de l'émulsion étant inférieure à celle du liquide, le niveau s'élève dans la longue branche à une hauteur qui peut être assez considérable; si le liquide arrive d'une manière continue dans la petite branche, il se déversera également d'une manière continue par le haut de la grande branche.

Le rapport décrit un émulseur refoulant de M. Ch. Laurent, et un émulseur aspirant dû à M. Zambeaux.

Les pulsomètres, dont l'un est du modèle inventé par M. Ch. Laurent et l'autre du type de M. Kestner, diffèrent complètement par leur principe des pulsomètres à vapeur ; ce sont en réalité des monte-jus automatiques fonctionnant sous l'action de l'air comprimé, sans autre organe mobile qu'un clapet.

Ces appareils sont en fonte, en plomb, ou en grès, suivant la nature des liquides à élever.

Rapport de M. le colonel GOULIER sur le **Palmer à frottement** présenté par M. A. BONNAZ.

Le principal perfectionnement apporté par M. Bonnaz au compas d'épaisseur dit Palmer, a pour but d'éviter qu'en exerçant une pression plus ou moins forte sur la tête de la vis, on n'ait des résultats différents, surtout, si l'objet dont on mesure l'épaisseur est compressible, comme le bois, le carton, etc. Le principe de ce perfectionnement consiste à faire entraîner la vis par sa tête, par le frotement que détermine une paillette faisant ressort, ou un morceau de drap comprimé entre la vis et sa tête.

Sur la **fermentation panaire**, par M. AIMÉ GIRARD. (Extrait des *Comptes rendus de l'Académie des Sciences.*)

Note sur l'**Algine**, par M. WATSON SMITH. (Extrait du *Journal of the Society of Chemical Industry.*)

Nouveau **procédé pour la recherche et le dosage rapide de faibles quatités d'acide nitrique** dans l'air, l'eau, le sol, etc., par MM. GRANDVAL et LAJOUX. (Extrait des *Comptes rendus de l'Académie des Sciences.*)

Ce procédé repose sur la transformation du phénol en acide picrique par l'action de l'acide nitrique et sur l'intensité de coloration que possède le picrate d'ammoniaque.

Concentration des conducteurs et commutateurs généraux pour les correspondances téléphoniques dans une ville. (Traduit du *Dingler' s polytechnische Journal*).

Perfectionnements apportés aux chaudières tubulaires. (Traduit du *Dingler' s polytechnische Journal.*)

Sur l'**Analyse du caoutchouc vulcanisé** par M, REINHARDT. (Traduit du *Dingler' s polytechnische Journal.*)

Four à coke Carvès et **Essai des extraits de bois de teinture.** (Notice traduites du *Journal of the Society of chemical Industry.*)

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

Novembre 1885

Paroles prononcées aux funérailles de M. Tarbé de Saint-Hardouin, inspecteur général des Ponts et Chaussées, par M. Planchat, inspecteur général des Ponts et Chaussées.

Nouvelle recherche sur la **poussée des terres** et le profil de revêtement le plus économique, par M. Leygue, ingénieur auxiliaire des travaux de l'État.

Ce mémoire très considérable se divise en trois parties :

1° Vérification des hypothèses admises sur la cohésion, la déformation des massifs, la direction, le point d'application et l'intensité de la poussée; formules empiriques de la poussée et détermination de ses constantes physiques; comparaison avec la théorie en usage.

2° Application des formules empiriques de la poussée aux murs de soutènement, et comparaison des résultats obtenus avec les expériences rapportées par différents auteurs; recherche du meilleur profil de mur; formules semi-empiriques des épaisseurs, en fonction du degré de stabilité voulu; comparaison avec les formules de M. Boussinesq.

3e Application des formules empiriques de la poussée à différents murs construits et valeur économique desdits murs. Conclusions.

L'auteur est d'avis que, si la nouvelle théorie de M. Boussinesq, basée sur la déformation continue de la masse entière, est plus complète et plus exacte que les anciennes théories qui ne tenaient pas un compte suffisant de la forme des murs de soutènement, elle est trop compliquée pour pouvoir entrer dans la pratique usuelle; il a cru, dans cet état de la question, devoir recourir à l'expérience pour élucider les points obscurs du phénomène complexe de la poussée des terres, reconcilier s'il est possible, comme il le dit, la théorie et la pratique et trouver des règles simples qui puissent guider dans la rédaction des projets. Ces expériences ont permis de déterminer les constantes physiques de la poussée des terres et par suite d'établir une relation, analytique par ses développements, mais empirique par les valeurs de ces coefficients, entre les dimensions des murs de soutènement et la poussée des terres.

C'est, en effet, sur la valeur de ces coefficients que porte essentiellement la différence entre la théorie et la réalité.

Nous appellerons l'attention sur les expériences relatées dans ce mémoire et sur les appareils qui ont servi à les effectuer, ainsi que sur la question de la similitude, dont il a été question pour les constructions en général, dans un mémoire de M. de Perrodil sur la

résistance des constructions semblables, contenu dans le numéro de septembre 1885 des Annales, (voir comptes rendus de novembre 1885.)

M. Leygue indique, en effet, qu'à coté de la vérification des murs projetés par les courbes de pression, il en est une autre dont le degré de garantie est plus précis : c'est la méthode basée sur les considérations de similitude géométrique, celle des expériences faites sur de petits modèles ; le degré de stabilité d'une maquette est, en effet, le même que celui de l'ouvrage; les pressions seules sont diminuées dans le rapport de l'échelle de la maquette.

Cette méthode d'essai sur modèles paraît devoir rendre de réels services; elle n'est d'ailleurs pas nouvelle ; on sait quel rôle important elle a joué dans l'étude du pont Britannia, le premier des grands ouvrages métalliques.

Note sur la **stabilité des voûtes**, par M. LATERRADE, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Cette note n'est qu'une observation relative à un mémoire sur le même objet de M. Léon Durand-Claye, inséré dans le numéro de juin 1885 des Annales, observations ayant pour objet d'indiquer que la formule, dite de Navier, conduit au même résultat que les propositions auxquelles M. Durand-Claye arrive en s'appuyant sur une remarque de La Hire. M. Laterrade y arrive également à l'aide de la théorie de Méry.

ANNALES DES MINES

4e LIVRAISON DE 1885

Théorie cellulaire des propriétés de l'acier, par MM. OSMOND et WERTH, ingénieurs des Arts et Manufactures.

L'examen microscopique des cassures de l'acier montre que la structure de l'acier est formée de la réunion de polyèdres élémentaires, qui apparaissent comme la dernière unité accessible à nos instruments et dont les dimensions moyennes, d'ailleurs un peu irrégulières, sont au plus égales à 1/100 de millimètre.

Diverses méthodes permettent d'aller plus loin et d'étudier la composition de ce polyèdre élementaire et la manière dont il s'agglomère pour former le grain : ce sont la méthode de Weyl, basée sur l'attaque du métal par l'acide chlorhydrique étendu au pôle positif d'un élément Bunsen ; la méthode des lames minces, dans laquelle on attaque par

l'acide azotique froid et concentré des lames minces d'acier collées sur des plaques de verre avec du baume de Canada ; l'attaque de sections polies par l'acide azotique.

Ces recherches, qui fournissent d'utiles données sur la structure intime de l'acier, sont complétées par l'analyse chimique immédiate de la cellule simple, qui fait l'objet du second chapitre du mémoire; nous nous bornerons à en citer les conclusions, que des auteurs tirent des diverses expériences décrites ou rappelées par deux. Dans les fers carburés, le carbone généralement appelé *combiné* forme deux variétés distinctes : 1° le carbone réellement combiné au fer ou *carbone de recuit*, ainsi nommé parce qu'il domine dans l'acier recuit où il constitue le ciment; 2° le carbone de trempe, dissous probablement dans le fer, en relation peut-être avec l'hydrogène occlus, mais non combiné au fer, dominant dans les régions périphériques des aciers trempés et disséminé dans les noyaux cellulaires.

Les auteurs font remarquer ici que, si leurs conclusions présentent une grande analogie de forme avec celle de Caron et de M. Akerman, elles sont en réalité inverses.

En effet, d'après la théorie de Caron, c'est le carbone de trempe qui devrait être combiné au fer, et non le carbone de recuit; l'écrouissage, qui devrait agir à la manière de la trempe, n'a, d'après eux, aucune action sur l'état du carbone.

Cette partie se termine par l'étude des changements d'état du fer par la trempe et l'écrouissage. MM. Osmond et Werth, considérant que les changements moléculaires des corps étant toujours accompagnés de modifications thermiques,qui en sont peut-être, selon les idées modernes, le signe le plus certain, ont pensé que l'étude calorimétrique des effets de la trempe et de l'écrouissage leur fournirait des renseignements utiles. Ils ont opéré par dissolution du fer dans le chlorure double de cuivre et d'ammonium, et l'ensemble des observations faites leur permet d'affirmer que partout la trempe, comme l'écrouissage, s'accuse par une augmentation de chaleur, qui croît dans le même sens que la teneur en carbone.

Ils sont ainsi amenés à penser que l'on peut regarder comme établie l'existence de deux variétés allotropiques du fer : 1° un fer α dominant dans l'acier recuit; 2° un fer β mélangé au fer α dans les aciers trempés ou écrouis, en proportions variables selon l'intensité des causes qui l'y ont formé.

L'étude des effets de la trempe et de l'écrouissage sur les propriétés des aciers conduirait à définir, comme suit, les caractères distinctifs des fers α et β:

Quand le fer passe de la variété α à la variété β, il absorbe de la chaleur, sa malléabilité diminue énormément, sa densité diminue, son coefficient de dilatation augmente, ses constantes thermoélectriques

diminuent, sa conductibilité électrique diminue et ses réactions chimiques deviennent plus énergiques.

Le fer passe plus ou moins complètement de la variété α à la variété β.

1° Par tout martelage ou toute pression produisant une déformation permanente à une température inférieure au rouge sombre;

2° Par le refroidissement rapide, à partir d'une température supérieure au rouge sombre, mais seulement en présence du carbone et de quelques autres corps (manganèse tungstene) qui produisent, soit directement, soit par une action secondaire sur le carbone, des effets analogues sur les propriétés de l'acier.

Réciproquement, le fer revient par le recuit de l'état β à l'état α et cela d'autant plus complètement que la durée du recuit est plus longue et sa température plus élevée.

Le mémoire examine également les combinaisons du fer avec le carbone et le silicium, le carbone et le soufre, le carbone et le phosphore, le carbone et le manganèse, etc.

Le troisième chapitre est consacré à l'interprétation théorique des faits d'expérience qui conduit les auteurs à formuler quatre principes fondamentaux qui sont : la formation des cellules simples, la formation des cellules composées, la transformation allotropique du fer, et la dissociation du carbure de fer.

La dernière partie rend compte, par la théorie cellulaire, des propriétés de l'acier et des phénomènes principaux qu'on rencontre journellement dans le travail et les essais de ce métal, savoir : propriétés de l'acier à chaud et propriétés de l'acier à froid. On y trouve d'intéressantes indications qui viennent à l'appui des observations relatées dans la Chronique de ce *Bulletin* (voir page 83) sur le travail de l'acier. On y rappelle en effet, que l'acier possède, entre 225 et 350 degrès, une fragilité remarquable, ce qui tendrait à admettre que, dans un certain intervalle de températures, il se produit une modification moléculaire du fer; il se peut également que, dans ces conditions, le ciment plus ou moins plastique puisse s'écouler sous la pression et laisser des surfaces de faiblesse identiques à celles de l'acier coulé.

De même, pour le travail à froid, on peut admettre que les chocs et vibrations répétés, qui altèrent à la longue le métal, agissent par ruptures successives, partielles et locales du ciment, et finissent par réduire le métal, à la limite, en une sorte de sable métallique sans cohésion.

Etude sur **le terrain glaciaire des Pyrénées-Orientales**, par M. WICKERSHEIMER, ingénieur des Mines.

Mémoire sur la **méthode de congélation de M. Poetsch**, pour le fonçage des puits de mines en terrain aquifère, par M. LEBRETON, élève-ingénieur des Mines.

Le procédé Poetsch, que nous avons décrit dans la Chronique de juillet 1884, page 162, appliqué pour la première fois en 1883 à la mine Archibald, à Schneidlingen, a reçu depuis un certain nombre d'applications.

Le mémoire comprend la description detaillée de la méthode telle que l'auteur l'a vue fonctionner en septembre 1884, à Konigs-Wusterhausen, près de Berlin; on y trouve d'intéressants détails sur la marche des opérations, les précautions à prendre pour éviter les insuccès qui se sont déjà produits une ou deux fois, et des aperçus sur le prix d crevient du fonçage, comparé avec les autres systèmes employés.

On sait qu'il a été question de l'application de la méthode Poetsch au fonçage de piles de pont en Europe et en Amérique. Il ne paraît avoir été encore rien publié à ce sujet.

Méthode pour déterminer les dimensions à donner aux sections successives des conduites d'air ou de gaz dans lesquelles la température passe par des valeurs différentes, par M. de Langlade, ancien élève de l'École polytechnique et de l'École nationale des Mines.

La formule de d'Aubuisson qui établit une relation entre la perte de pression dans la conduite, la vitesse du gaz, sa densité, la longueur de la conduite, la surface et le périmètre de la conduite, permet de déterminer des dimensions convenables, mais elle oblige à faire de longs calculs lorsque la température du gaz varie pendant son trajet, parce que, dans ce cas, il faut diviser la conduite en autant de portions qu'il y a de températures différentes et appliquer la formule à chacune de ces portions.

L'auteur est arrivé à simplifier cette détermination en transformant la formule de d'Aubuisson, de façon à ramener le problème à déterminer la section que devrait avoir la conduite si le gaz ou l'air étaient à la température de 0° dans tout le parcours. On obtient ensuite la valeur des différentes sections qui conviennent pour les différentes températures en multipliant leurs dimensions primitives par un coefficient déterminé une fois pour toutes pour chaque température. Cette méthode sans prétention scientifique épargne de longs tâtonnements pour le calcul pratique des conduites, telles que celles qui sont employées dans le chauffage de l'air des hauts fourneaux, ou dans les fours chauffés au gaz, etc.

Notice nécrologique sur M. Jutier, inspecteur général des Mines, par M. Tournaire, inspecteur général des Mines.

Note sur **l'explosion d'un piston creux** dans les ateliers du dépôt de la Compagnie d'Orléans, à Montluçon.

Le 13 septembre 1884, un piston de machine fixe, qu'on chauffait sur un petit foyer pour faciliter le démontage de la tige, fit explosion et les débris blessèrent mortellement l'ouvrier qui tenait le piston.

Cet accident n'est pas unique; on cite plusieurs exemples de faits analogues.

L'explosion de ces pistons creux est due au développement dans l'intérieur de la capacité close, formée par le piston creux, d'une pression suffisante pour vaincre la résistance de la fonte. Il est possible et même probable que cette pression est due à la vaporisation d'eau qui se serait introduite dans l'intérieur par porosité ou autrement; peut-être même des matières grasses mélangées à l'eau ont-elles pu se volatiliser en donnant des carbures d'hydrogène, formant avec l'air des mélanges explosifs.

Des analyses faites sur des poussières brunes, trouvées dans l'intérieur de pistons en fonte conduiraient à admettre l'introduction de matières oxydantes dans ces organes et, par suite, le dégagement d'hydrogène à l'intérieur.

Quoi qu'il en soit de la cause de ces explosions, la précaution pour les prévenir est bien simple et consiste à percer un ou deux trous dans le piston à démonter, avant de le chauffer, de manière à chasser le gaz qui pourraient se trouver à l'intérieur.

SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DE MULHOUSE

AOUT-SEPTEMBRE-OCTOBRE 1885.

Notes sur le **Musée de tableaux de la Société industrielle**, par M. A. Favre.

Le musée, crée en 1864 et alimenté par des dons ou des acquisitions faites à la suite des Expositions, se compose actuellement de près de 200 tableaux; il est installé dans un bâtiment construit par la Société en 1882 et qui n'a pas coûté moins de 425,000 francs.

Rapport du **Comité d'organisation de l'école d'art professionnelle de jeunes filles**, par M. Favre.

Recherches sur le **produit secondaire, liquide du dinitrotoluène 1. 2. 4.**, par MM. Noelting et Otto Witt.

Recherches sur les **produits de décomposition du chlorhydrate d'acétanilide à différentes températures**, par MM. Noelting et Weingaertner.

Recherches sur la **substitution dans les dérivés azoïques**, par M. Noelting.

Rapport sur la **marche de l'école de filature et tissage**, par M. de LACROIX, secrétaire du Comité d'administration.

Rapport sur la **marche de l'école de dessin industriel, pendant l'année scolaire 1884-1885**, par M. STEINLEN.

Note sur la **marche de l'école de gravure pendant l'année 1884-1885**, par M. MERKLER.

Concours des diverses écoles de la Société.

Programme des prix proposés par la Société pour être décernés en 1886.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 51. — 19 *Décembre* 1885.

Matériel de chemin de fer à l'Exposition universelle d'Anvers, par B. Salomon *(fin)*.

Compresseur à sec à tiroir, patente Burckardt et Weiss, par F.-J. Weiss *(suite)*.

Nouveau procédé pour reconnaître les soufflures dans l'acier et le fer fondus.

Résultats de service des hauts fourneaux américains.

Chauffage et ventilation.

Groupe d'Aix-la-Chapelle.

Groupe de Magdebourg.

Groupe de Manheim.

Groupe du Rhin moyen.

Groupe de la Ruhr. — Ateliers et constructions de Bonne-Espérance à Sterkerade.

Association des chemins de fer. — Transmission des forces à distance.

Patentes.

Bibliographie. — L'indicateur et son emploi, par P. H. Rosenkranz — Ouvrages adressés à la rédaction.

Correspondance. — Transmissions par câbles. — Expériences sur une machine Corliss.

Variétés. — Lancements et essais de navires. — Juridiction technique dans l'empire d'Allemagne. — Jubilé des chemins de fer.

N° 52. — 26 *Décembre* 1885.

Compresseur à sec et à tiroir, patente Burckardt et Weiss, par F.-J. Weiss *(fin)*.

Une nouvelle aciérie Bessemer, par M. R. Dælen.

Groupe de Berlin. — L'Industrie du naphte à Bakou. — Appareil enregistreur pour la mesure des courants électriques. — Utilisation des laitiers de hauts fourneaux. — Accumulateurs électriques.

Correspondance. — Expériences sur une machine Corliss.

Variétés. — Expériences sur une machine Corliss actionnant des laminoirs. — Marteau-pilon à air comprimé de Arn.

N° 1. — 2 *Janvier* 1886.

Laveries de minerais de plomb de la mine Neuhof, près Beuthen (Silésie). par C. Sacks.

Ponts. — Simplification de la théorie des poutres en arc, par H. Müller, Breslau. — Calcul des ponts en arc, par G. Dressprich. — Un nouveau viaduc de chemin de fer à Caplande. — Le viaduc de La Tardes. — Le pont de Douarnenez.

Cérémonie commémorative en l'honneur de C. W. Siemens.

Groupe de Breslau. — Mine de Friedenshoffnungs à Hermsdorf.

Groupe de Cologne. — Question du secret de fabrication.

Groupe de Saxe. — Travail de la pompe à air d'une machine à vapeur à condensation.

Groupe de Siegen. — Dépenses de vapeur comparées d'un pulsomètre, d'une machine à vapeur ordinaire et d'une machine Compound.

Patentes.

Bibliographie. — Éléments de construction de machines, de W. Cawthorne Unwin, traduction allemande de Hermann Fritz. — Ouvrages adressés à la Rédaction.

Correspondance. — L'abus des termes étrangers.

N° 2. — 9 *Janvier* 1886.

Exposition universelle d'Anvers, par Ernst A. Braver.

Groupe d'Aix-la-Chapelle. — Distribution d'eau de la ville de Düren.

Réunion générale des maîtres de forges allemands, à Dusseldorf, le 13 décembre 1885. — Le gaz à l'eau. — Décapage des fils de fer sans acides.

Association des chemins de fer. — Gare de Budapest.

Patentes.

Bibliographie. — Manuel de métallurgie du fer, par Th. Beckert. — Ouvrages adressés à la Rédaction.

Correspondance. — Enveloppes protectrices contre les pertes de chaleur. — Colonnes en fer laminé à section cruciforme.

N° 3. — 16 *Janvier* 1886.

Utilisation du combustible dans le chauffage des chaudières à vapeur. par le Dr Ferd Fischer.

Expériences de James B. Francis sur une turbine du système Humphrey.

Groupe de Bergues. — Application du moteur à acide carbonique de Herbert aux tramways et chemins de fer dans les villes.

Groupe de Hambourg.

Groupe de Manheim.

Groupe du Rhin moyen.

Patentes.

Bibliographie. — Manuel d'Électricité et de Magnétisme, par E. Mascart et J. Joubert, traduction allemande du Dr L. Levy.

Variétés. — Emploi des machines agricoles en Allemagne. — Éclairage électrique des voitures de chemins de fer.

Le Secrétaire-Rédacteur,

A. Mallet.

PUBLICATIONS PÉRIODIQUES

REÇUES PAR LA SOCIÉTÉ

EN FRANÇAIS

Académie des Sciences (Comptes rendus de l').
Académie des Sciences de Clermont-Ferrand.
Aéronaute (l').
Annales de la Construction (Nouvelles).
Annales des Chemins vicinaux.
Annales des Conducteurs des Ponts et Chaussées.
Annales des Mines.
Annales des Ponts et Chaussées.
Annales des Travaux publics.
Annales industrielles.
Association amicale des anciens élèves de l'Institut du Nord.
Association amicale des anciens élèves de l'École Centrale.
Association des Ingénieurs sortis de l'École de Liège.
Association des Ingénieurs sortis des Écoles spéciales de Gand.
Association des propriétaires d'appareils à vapeur.
Astronomie (l').
Bâtiment (le).
Bulletin des Mines.
Bulletin du tunnel du Simplon.
Bulletin historique et scientifique de l'Auvergne.
Bulletin officiel de la Marine.
Bulletin séricicole français.
Chambre syndicale des constructeurs mécaniciens de l'arrondissement du Havre.
Charbon (le).
Chronique industrielle.
Comité des Forges de France.
Constructeur (le).
Courrier des Brevets d'invention.
Crédit minier.
Écho des Mines et de la Métallurgie.

Écho Industriel (l').
Économiste (l').
Électricien (l').
Encyclopédie d'architecture.
Fer (le).
Gazette des Architectes et du Bâtiment.
Génie civil (le).
Houille (la).
Journal d'Agriculture pratique.
Journal de la Compagnie transatlantique.
Journal des Chambres de commerce.
Journal des Chemins de fer.
Journal des fabricants de sucre.
Journal des Mines.
Journal des Travaux publics.
Journal des Usines à Gaz.
Journal du Céramiste et du Chaufournier.
Journal du Gaz et de l'Électricité.
Journal officiel.
Machines-outils (publication industrielle des).
Matériel agricole (le).
Messager du Brésil.
Ministère des Travaux Publics (bulletin du).
Monde de la Science et de l'Industrie.
Mondes (les).
Moniteur de la Papeterie française.
Moniteur des fils et tissus.
Moniteur des Intérêts matériels.
Moniteur des Produits chimiques.
Moniteur des Travaux publics.
Moniteur industriel.
Mouvement industriel (Belgique).
Nature (la).
Observatoire de Rio-Janeiro (Annales et bulletin de l').
Organe des Mines.
Papeterie (la).
Petites Affiches (les).
Portefeuille économique des Machines.
Revue d'Artillerie.
Revue des Chemins de fer.
Revue internationale de l'Électricité.

Revue des Industries chimiques et agricoles.
Revue d'architecture de Belgique.
Revue générale d'Architecture.
Revue générale des Chemins de fer.
Revue professionnelle des horlogers, bijoutiers, etc.
Revue horticole.
Revue maritime et coloniale.
Revue universelle des Mines et de la Métallurgie.
Semaine des Constructeurs (la).
Semaine financière (la).
Société académique d'Agriculture de l'Aube.
Société académique franco-hispano-portugaise.
Société belge d'électriciens (Bruxelles).
Société de Géographie.
Société de Géographie de Marseille.
Société de Géographie commerciale de Bordeaux.
Société de l'Industrie minérale.
Société d'encouragement pour l'Industrie nationale.
Société de protection des Apprentis.
Société des Agriculteurs de France.
Société des anciens élèves des écoles d'Arts et Métiers.
Société des Sciences de Lille.
Société des Sciences industrielles de Lyon.
Société de Statistique de Paris.
Société française de Physique.
Société industrielle de l'Est.
Société industrielle de Mulhouse.
Société industrielle de Saint-Quentin et de l'Aisne.
Société industrielle de Reims.
Société industrielle de Rouen.
Société industrielle du Nord de la France.
Société nationale d'Agriculture de France.
Société scientifique industrielle de Marseille.
Société technique de l'Industrie du gaz.
Société vaudoise des Ingénieurs et Architectes.
Société vaudoise des Sciences naturelles.
Sucrerie indigène (la).
Technologiste (le).
Union des Ingénieurs sortis des écoles spéciales de Louvain.
Union géographique du Nord de la France.
Union scientifique (Amiens).

EN ALLEMAND

Annalen für gewerbe und bauwesen (Glaser).
Architekten und Ingenieur Vereines im königreiche Böhmen.
Architekten und Ingenieur Vereins für Niederrhein und Westfalen.
Zeitschrift des Architekten und Ingenieur Vereins zu Hannover.
Centralblatt der Bauverwaltung (Berlin).
Dingler's polytechniches Journal.
Oesterreischische Eisenbahn Zeitung.
Wochenschrift des niederosterreischischen Gewerbe vereines.
Organ.
Zeitschrift des oesterreischischen Ingenieur und architekten Vereins.
Schweizerische Bauzeitung.
Zeitschrift des vereines deutscher Ingenieure.

EN ANGLAIS

American Academy of Arts and Sciences.
American Engineer.
American Society of civil engineers.
American Institute of mining engineers.
American Institute of mechanical engineers.
American Journal of mathématics.
Canadian Institute.
Engineer (the).
Engineering.
Engineering club of Philadelphia.
Engineering News.
Franklin Institute.
Industrial Rewiew.
Institution of civil Engineers.
Institution of civil Engineers and shipbuilders in Scotland.
Institution of mechanical Engineers.
Iron.
Iron and Coal trades Rewiew.
Iron and Steel Institute.
Master Car Builders Association.
Midland Institute.
Navy department (Washington).
North of England Institute of mining Engineers.

Railroad Gazette.
Science.
Society of Arts (journal of the).
Society of Engineers.
Society of telegraph Engineers and Electricians.
United States Naval Institute.

EN ESPAGNOL ET EN PORTUGAIS

Associacion central de Ingeniores industriales.
El Porvenir del Industria.
Revista des obras publicas (Madrid).
Revista des obras publicas e minas (Lisbonne).
Société des Ingénieurs portugais.

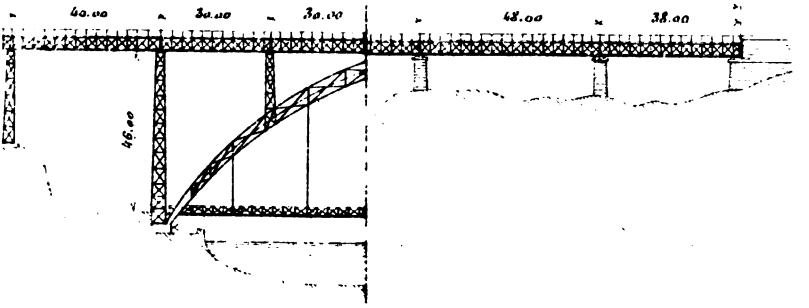
EN ITALIEN

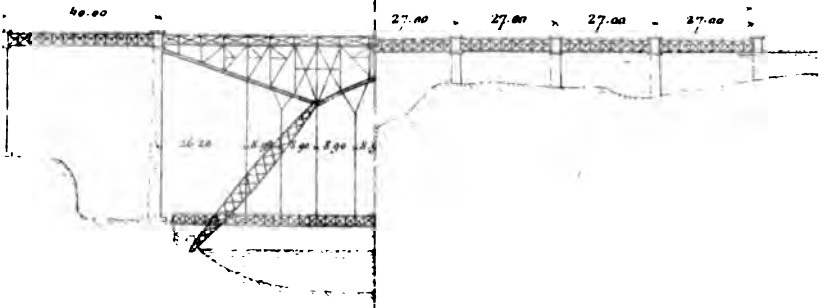
Atti del Collegio de gli Architetti e Ingenieri (Naples).
Atti della R. Academia dei Lincei.
Atti del Collegio degli Ingenieri et Architetti (Palerme).
Collegio degli Architetti e Ingenieri (Florence).
Esplorazione (l').
Giornale dei Lavori pubblici.
Memorie della R. Academia (Modène).
Politecnico (il).
Revista di Artiglieria e Genio.
Société des Ingénieurs et Industriels de Turin.

EN HONGROIS, POLONAIS, RUSSE & SUÉDOIS

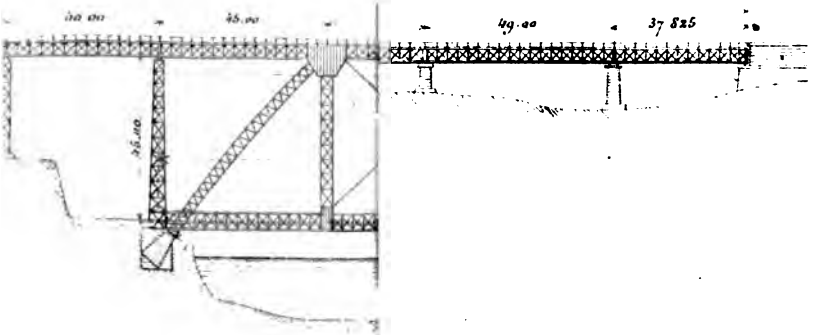
Ingénieur (Kieff).
Ingénieur (l') (Saint-Pétersbourg).
Ingeniors foreningens forhandlingar.
Magyar mernok ès Epitesz Egylet (Budapesth).
Przeglad techniczny (Varsovie).
Norsk Teknisk Tidskrift.
Teknisk Tidskrift (Stockolm).
Société polytechnique impériale de Russie.

IMPRIMERIE CHAIX. — 20, RUE BERGÈRE, PARIS. — 1869-6.



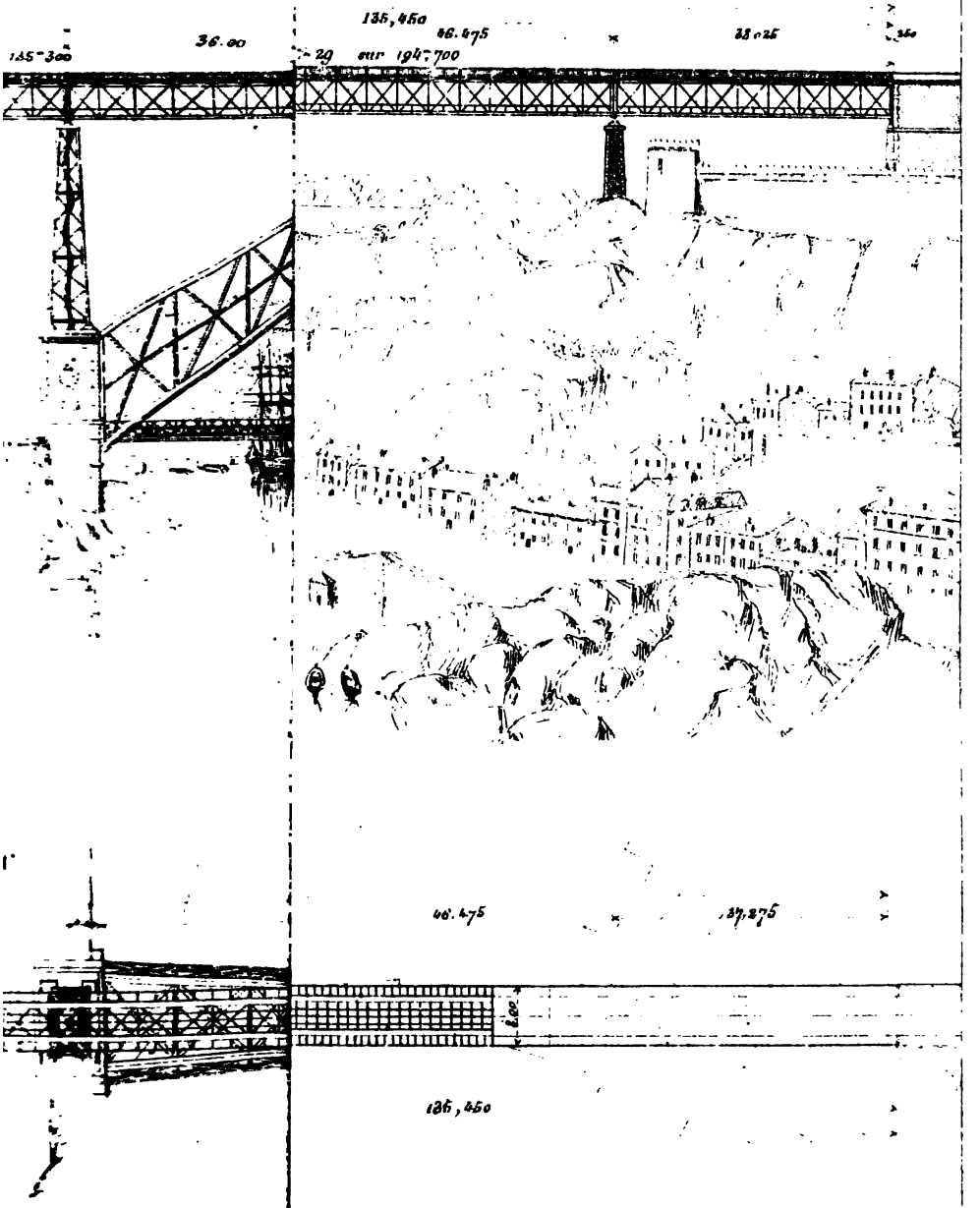


Cie



Auto. Imp. A. Broise & Courtier, 43, r. de Dunkerqr

(Côté Porte)



Auto. Imp. A. Broise & Courtier, 43, r. de Dunkerque

NUE

2. Photogra

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

FÉVRIER 1886

N° 2

Sommaire des séances du mois de février :

1° Lettre de M. Rey relative à la brochure de M. Don Pedro Ribera sur un projet *d'unification du matériel roulant des chemins de fer de la Péninsule ibérique* (séance du 5 février, page 114);

2° *Murs de soutènement* (note de M. Leygue, séance du 5 février page 115);

3° *Troubles de Decazeville*, mort de M. Watrin, par M. Jules Garnier (séance des 5 et 19 février, pages 119 et 141);

4° *Traitement des eaux d'égouts et sur l'utilisation des vidanges* par M. Lencauchez (séance des 5 et 19 février, page 122 et 147).

5° *Tarifs des chemins de fer*, par MM. Jules Garnier et Deharme (séance du 19 février, page 141).

6° Règlement de la Société (article 78, séance du 19 février, page 145).

7° *Hélices propulsives* (Considérations générales sur le mode d'action des), par M. Gouilly, observations par M. de Bruignac (séance du 19 février, page 147);

8° *Laboratoire central d'électricité*, par M. Max de Nansouty (séance du 19 février, page 159).

Pendant le mois de février la Société a reçu :

De M. Gouilly, membre de la Société, une note intitulée : *Considérations générales sur le mode d'action des hélices propulsives et leur construction;*

De M. A. Berton, membre de la Société, une analyse du Mémoire de M. Considère, ingénieur en chef des ponts et chaussées, sur *l'emploi du fer et de l'acier;*

De M. Delfosse, membre de la Société, une note sur *le rôle de la meule en émeri dans le travail des métaux;*

De l'amiral Paris, membre honoraire de la Société, un exemplaire d'une note relative à la *conservation des Torpilleurs;*

De M. Michaud Edmond, membre de la Société, des exemplaires d'un mémoire sur la *convention internationale relative à l'Union de la propriété industrielle;*

Deux exemplaires d'une note intitulée : *Considérations sur la substitution des traverses métalliques aux traverses en bois dans les voies ferrées;*

De M. Émile Trélat, membre de la Société, un exemplaire d'un extrait de la nouvelle Revue intitulée : *Architectes et Ingénieurs*, et un exemplaire de son *Discours prononcé dans la séance d'ouverture de son École spéciale d'architecture, le 11 novembre 1885;*

De M. Rey, membre de la Société, au nom de M. Ribera, membre de la Société, un exemplaire d'une brochure intitulée : *Proyecto de unificacion del material Movil de los caminos de hierro de la peninsula Ibérica;*

De M. Éduardo Maristany y Gibert, ingénieur, un exemplaire d'une brochure intitulée : *Medios de evitar la aglomeracion de mercancias en las grandes estaciones de las Ferro Carriles espanoles;*

Du ministre de la République mexicaine, un exemplaire d'un

mémoire intitulé ; *Esterdios de météorologia comparada par M. Mariano*;

De M. Terrier, membre de la Société, un exemplaire d'une photographie du *Port de la Pallice : construction de l'avant-port et des jetées. Jetée du Sud. Caisson mobile ;*

De M. Chansselle, membre de la Société, un exemplaire de son mémoire sur *la géologie et richesse minérales de l'arrondissement de Vienne* (Isère) ;

De M. Cotard, membre de la Société, deux exemplaires d'un extrait de la nouvelle revue intitulé : *Quelques considérations sur l'impôt foncier ;*

De M. Émile Trélat, membre de la Société, un exemplaire d'une note sur la *stabilité des baies dans les constructions ;*

De M. Mallet, membre de la Société, un exemplaire d'une brochure iutitulée : *Los Ferros-Cariles Economicas en 1885*, par D. Éduardo Carlier ;

De M. Mallet, membre de la Société, un exemplaire d'une note historique sur les procédés de *percement utilisés au tunnel du Mont-Cenis*, par M. Colladon ;

De M. Lagarde L., membre de la Société, un exemplaire d'une note sur une nouvelle *machine à air chaud à haute température ;*

De M. Paul Charpentier, membre de la Société, deux fascicules de la grande encyclopédie, renfermant deux articles de lui : *acier et adiabatique ;*

De M. Eiffel, membre de la Société, deux photographies, représentant l'application des *ponts démontables de son système aux chemins de fer à voie normale ;*

De M. Hardy, membre de la Société, un exemplaire d'un exposé sur les *freins continus pour chemins de fer ;*

De M. Kapteyn, membre de la Société, un exemplaire d'une brochure intitulée : indicateur du *frein Westinghouse.*

Les Membres nouvellement admis sont :

MM.	Boas,	présenté par	MM. Cornuault, Giraud et Jordan.
	Doux,	—	Arnoldi, Champouillon et Kowalski.
	Favier,	—	Baclé, Brüll et Gaget.
	Falgairolle,	—	Rey, Vallot Henri et Vallot Émile.
	Jamin,	—	Berton, Hauet et West.
	Laur,	—	Gottschalk, Reymond et Roy Edmond
	Natauson,	—	Dubos, Max de Nansouty et Tharcau.
	Nillus,	—	Carimantrand, Hersent et Mallet (A).
	Senet,	—	Berton, Buquet et Terrier.

Comme Membres associés :

M. Mialane, présenté par MM. Barbe, Brüll et Cerbelaud.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE FÉVRIER 1886

Séance du 5 février 1886.

PRÉSIDENCE DE M. HERSENT.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 22 janvier est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le plaisir d'annoncer à la Société que MM. Boudier, Bougault, J. Fleury et Turpin viennent d'être nommés chevaliers de la Légion d'honneur.

M. LE PRÉSIDENT dit que la Société a été convoquée en Assemblée générale extraordinaire à l'effet de voter sur la proposition du Comité de conférer à M. Loustau le titre de trésorier honoraire. Il est inutile de rappeler les services rendus par M. Loustau, ils sont connus de tout le monde. M. Loustau a toujours pratiqué une sage économie et fait preuve d'un dévouement digne des plus grands éloges. Il a ainsi, dans a mesure des moyens d'action que lui donnaient ses fonctions, contribué à la prospérité de la Société dont il a été le trésorier depuis 1851 jusqu'à la fin de l'année dernière, c'est-à-dire pendant une période de trente-cinq ans.

Aussi M. LE PRÉSIDENT est-il convaincu que l'Assemblée tout entière voudra se joindre au Comité pour rendre hommage à M. Loustau et lui décerner le titre de trésorier honoraire. *(Applaudissements unanimes. — M. Loustau est nommé trésorier honoraire par acclamation.)*

M. LE PRÉSIDENT se chargera d'informer M. Loustau qu'il a obtenu les suffrages de tous. M. Loustau en sera certainement très touché et très heureux. Ce titre lui conférera le droit d'assister aux réunions du Comité, où il aura voix délibérative comme les anciens présidents et les présidents honoraires.

Il est donné lecture de la lettre suivante de M. Rey .

MONSIEUR LE PRÉSIDENT,

J'ai l'honneur de remettre à la Société, au nom de notre collègue espagnol Don Pédro Ribéra, un exemplaire de la brochure qu'il a publiée récemment, à Madrid, et qui a pour titre « *Proyecto de unificacion del matérial movil de los caminos de hierro de la peninsula iberica* », c'est-à-dire « *Projet d'unification du matériel roulant des chemins de fer de la péninsule ibérique.* »

L'auteur fait ressortir, dans cet opuscule, la nécessité pour les nombreuses Compagnies de chemins de fer de l'Espagne et du Portugal, de se réunir en congrès, pour déterminer, en commun, les dispositions générales et les normes qui seraient applicables à la construction du matériel roulant de tous les réseaux, imitant en cela l'exemple donné par les Compagnies allemandes qui ont formé « l'Union » dont tous les ingénieurs, s'occupant de chemins de fer, connaissent le fonctionnement ainsi que les services qu'elle a rendus et qu'elle ne cesse de rendre.

Il donne, à l'appui de sa thèse, une quantité de renseignements très intéressants sur le matériel roulant existant actuellement en Espagne, et il propose, comme type de voitures à voyageurs, une disposition qui réunit aux avantages de la division par compartiments transversaux celui de l'intercommunication facile pour les voyageurs et pour les agents du train.

Ce type se compose d'une caisse de largeur réduite, tout à fait analogue, comme disposition, aux voitures ordinairement employées en France et en Espagne, mais accompagnée sur toute la longueur de l'une de ses faces, par un couloir latéral desservant tous les compartiments et aboutissant, à l'une de ses extrémités, à une plate-forme qui termine la voiture. L'autre extrémité du couloir est munie d'une passerelle qui met ce dernier en communication avec la plate-forme de la voiture voisine.

Chaque voiture n'est donc munie que d'une seule plate-forme desservie par des escaliers de chaque côté du véhicule.

L'auteur pense avoir trouve dans la disposition qu'il préconise, la solution du problème qui s'est posé tout dernièrement, à nouveau, à la sagacité du public et des ingénieurs, à la suite d'un attentat récent commis contre la sécurité d'un voyageur enfermé dans un compartiment, sans communication possible avec les autres voyageurs où avec le personnel du train.

Nous ferons remarquer, en passant, que la disposition à laquelle s'est arrêtée M. Pedro Ribéra présente beaucoup d'analogie avec celle que notre collègue, M. Desgrange, a adoptée pour le matériel du chemin de fer de Frévent à Gamaches, construit il y a plus de dix ans. La seule différence consiste en ce que, dans ce dernier matériel il n'y a pas de plate-forme et que la paroi extérieure du couloir est percée d'autant de portes

qu'il y a de compartiments dans la caisse, chacun de ces derniers étant ainsi desservi par une issue spéciale.

Veuillez agréer, Monsieur le Président, l'assurance de ma respectueuse considération.

L. Rey.

M. le Président remercie M. Rey d'avoir bien voulu présenter à la Société l'ouvrage remarquable de M. Pedro Ribera.

M. le Président insiste sur l'importance du livre de M. Leygue relatif aux murs de soutènement, et dont il a déjà été question dans la dernière séance; puis il fait donner lecture de la note suivante du même auteur :

Les murs de Courniou, de la Bastide et de la Forêt (Ligne de Mazamet à Bédarieux).

Au nombre des chemins de fer en cours d'exécution en ce moment, se trouve la petite ligne de Mazamet à Bédarieux, actuellement ouverte jusqu'à Saint-Amans-Soult et dont les deux derniers tronçons seront livrés à l'exploitatioe : celui de Saint-Pons à la fin de 1886 et celui de Bédarieux à la fin de 1887. L'infrastructure est construite par l'État, conformément à la convention du 10 août 1868 avec la compagnie des chemins de fer du Midi.

Parmi les importants et nombreux ouvrages d'art de la ligne, nous voulons seulement citer, quant à présent, les murs de soutènement d'un type spécial approuvé par décision ministérielle du 8 septembre 1882 et qui, en raison de leurs conditions particuliérement économiques peuvent présenter un certain intérêt pour les membres de la Société (1).

Nous ne pouvons entrer ici dans les détails des calculs qui ont servi de base à l'établissement de ces ouvrages; qu'il nous suffise donc de donuer les renseignements généraux qui constituent la particularité du système. La forme adoptée est celle d'un masque à parements parallèles, où à peu près parallèles, monté en surplomb et renforcé par des contreforts triangulaires rachetant ou dépassant le surplomb; l'espace compris entre les contreforts est rempli avec des pierres sèches posées au marteau et à défaut avec des terres fortement pilonnées par couches de $0^m,20$ d'épaisseur.

Ces dispositions ont pour effet : 1° de créer derrière les maçonneries de parement un prisme sans poussée, qui par son poids et son adhérence aux contreforts, contribue à la stabilité de l'ensemble et cela d'autant plus que la profondeur des contreforts est relativement plus grande, c'est-à-dire que l'inclinaison du masque est plus forte; 2° de rejeter la poussée des terres dans le plan intérieur des contreforts; 3° enfin, et par suite, de diminuer la dépense des maçonneries.

(1) Ces murs ont été exécutés sous la direction de MM. Ritter, ingénieur en chef, Leygue et Périer, ingénieurs ordinaires et sous la surveillance de MM. Corbière et Charron, conducteurs.

En effet, lorsque le masque s'écarte progressivement de la verticale, la résultante de la poussée des terres, du remplissage et des contreforts s'abaisse de plus en plus et finit par échapper l'angle intérieur du pied du masque, ce qui répond évidemment à une épaisseur réduite des maçonneries de parement; d'autre part, l'accroissement correspondant des contreforts et du remplissage ne parvient pas à contre-balancer la diminution des maçonneries de parement; en définitive, la construction reste économique.

On conçoit sans difficulté que l'inclinaison extérieure des contreforts puisse devenir telle que les remplissages s'arc-boutent complètement dans leurs intervalles et que le masque ne perçoive plus de poussée; n'ayant pas dès lors d'autre objet que d'empêcher les effritements de la surface, ce masque pourrait avoir une épaisseur théoriquement nulle. C'est le principe des consolidations de talus par éperons normaux. La similitude est complète dans les deux cas entre les masses à soutenir, entre les éperons et les contreforts,et enfin entre les terrains consolidés par draînage et les remplissages mis en œuvre directement à l'état consolidé.

On peut juger par cet exposé rapide et nécessairement incomplet, du principe de stabilité des nouveaux murs; pour préciser leur valeur économique, nous décrirons sommairement ceux auxquels la hauteur du terre-plein ou la surcharge donne une réelle importance,

Mur de Courniou. — Cet ouvrage, destiné à soutenir les remblais de calcaire dur de la station de Courniou a 423m 73 de longueur avec des hauteurs variables depuis 1m 51 jusqu'à 18m 97; dans cette haute section, l'épaisseur au sommet est de 1m 40, le parement intérieur du masque est incliné uniformément à 1/5 et le parement extérieur est aux fruits variables de 1/5 jusqu'à 9 mètres et de 1/3 au delà de 9 mètres; les contreforts, sans saillie initiale, sont écartés d'axe en axe de 5m 80, et leur épaisseur est de 1m 40; enfin le remplissage est en matériaux de tranchées posés à la main en s'aidant par exception du marteau

Le cube par intervalle se compose comme suit :

Masque	192m³ 79
Contreforts.	49 21
Remplissage réduit en maçonnerie . .	15 47
Total.	257m³ 47

soit, pour 5m, 80 d'entr'axe, une section par 1mct de $\frac{257.47}{5.80} = 44^{m²}, 37$,

et pour une hauteur de 18m 97, une épaisseur moyennne de :

$$\frac{44.37}{18.97} = 2^m\ 35$$

Les formules généralement en usage eussent donné 3m 20 à 3m 80 suivant les auteurs, soit 3m 50 en moyenne, d'où une économie de $\frac{3.50 - 2.35}{3.50}$ environ 1/3 en faveur du nouveau type.

Mur de Labastide. — Cet ouvrage, destiné à soutenir les remblais schisteux de la plate-forme de la station de Labastide, a $40^m 50$ de longueur, avec des hauteurs variables de $5^m 50$ à $7^m 30$. Le parement intérieur du masque est à l'inclinaison uniforme de 1/4,5; l'épaisseur au sommet est de $0^m 30$ et l'inclinaison du parement extérieur est de 1/4; les contreforts, avec saillie initiale de $0^m 20$, sont à l'entr'axe de $5^m 10$; ils ont $0^m 50$ d'épaisseur ; le remplissage entre les contreforts est en pierres sèches sur 20 mètres de longueur et en terres pilonnées fermées par un rideau vertical de gazon sur les $20^m 50$ restant.

Dans la section la plus haute, le cube par intervalle se compose comme suit :

Masque	$14^{ms} 89$
Contreforts.	3 33
Remplissage réduit en maçonnerie .	3 04
Total	$21^{ms} 26$

Pour $5^m 10$ d'entr'axe, la section par 1^{mct} est $\frac{21.26}{5.10} = 4^{ms} 17$

et pour une hauteur de $7^m 30$, l'épaisseur moyenne est de :

$$\frac{4\ 17}{7.30} = 0^m 57.$$

Les formules généralement en usage eussent donné $1^m 80$ à 2 mètres, soit $1^m 90$ en moyenne; d'où une économie de $\frac{1.90 - 0.57}{1.90}$, environ 2/3, en faveur du nouveau type. Cet ouvrage présente donc une grande hardiesse de conception, et nous devons rendre ici un juste hommage aux ingénieurs qui les premiers, ont démontré par les calculs et l'expérience, la possibilité et la sécurité de constructions aussi légères.

Mur de La Forêt. — Cet ouvrage, d'une longueur de 80 mètres, a 5 mètres de hauteur; il supporte un remblai en nature de rocher schisteux et gneiss; le masque, à l'inclinaison de 1/5, a une épaisseur constante de 1 mètre; les contreforts, sans saillie initiale, ont $0^m 80$ et sont espacés de 4 mètres d'axe en axe; le remplissage est exécuté avec les matériaux de remblai posés à la main et au marteau.

Le cube par intervalles se compose comme suit :

Masque	$20^{ms} 00$
Contreforts	1 69
Remplissage réduit en maçonnerie. . . .	0 85
Total	$22^{ms} 34$

Pour 4 mètres d'entr'axe, la section par 1^{mct} est $\frac{22.34}{4} = 5^{ms} 64$ et pour une hauteur de 5 mètres, l'épaisseur moyenne est de $1^m 13$.

Les formules généralement en usage eussent donné 1^m60 à 1^m80, soit 1^m70 en moyenne ; d'où une économie de $\frac{1.70 - 1.13}{1.70}$, environ 1/3 en faveur du nouveau type.

Il n'est pas de murs de soutènement, croyons-nous, où, sans risques ni périls, l'économie de la matière ait été poussée plus loin que dans les murs que nous venons de signaler ; il y a là un progrès accompli et un exemple à suivre avec toutes les garanties de solidité et de durée désirables dans les grands ouvrages en maçonnerie.

En désignant par $Tg\,\beta$ le talus de la surcharge sur l'horizontale, par $Tg\,\alpha$ le fruit intérieur dn masque et par σ un coefficient de sécurité variable entre 2 et 4, les formules suivantes déterminent avec une approximation suffisante, les dimensions des nouveaux murs :

Épaisseur moyenne du masque : $$e = \left[\left(1{,}305 + 0{,}08\,\sigma + \frac{Tg^2\beta}{6{,}5 - \sigma}\right)\left(1 - \frac{Tg\,\alpha}{2}\right) - 1{,}20\right] h$$

Largeur des contreforts : $$\lambda = (0{,}30 \text{ à } 0{,}50)\left(1 + \frac{h}{10}\right)$$

Entr'axe des contreforts : $$\delta = (10 \text{ à } 5)\,\lambda$$

Pour des surcharges peu élevées, c'est-à-dire ne dépassant pas deux fois la hauteur des murs, $Tg\,\beta$ doit être interpolé entre $Tg\,\beta$ et zéro par l'égalité des surfaces des prismes réels de poussée.

Il sera bon de soumettre les profils ainsi déterminés au tracé d'une courbe de pressions en prenant pour base les poussées réelles des terres.

M. LE PRÉSIDENT fait remarquer que l'intérêt de la note, qui vient d'être lue, réside dans les diverses combinaisons indiquées par l'auteur, et permettant de réaliser une grande économie dans la construction des murs de soutènement.

M. HENRY MATHIEU dit que ceux qui ont eu, comme lui, la bonne fortune d'être sous les ordres de M. Eugène Flachat au chemin de fer de Paris à Saint-Germain en 1850, doivent se rappeler que les murs de soutènement de la tranchée de l'Europe ont été formés de piliers enfoncés profondément dans le terrain naturel à la distance l'un de l'autre de 4 mètres environ ; sur ces piliers on a fait reposer, dans leur hauteur, 3 ou 4 arceaux en maçonnerie d'une certaine largeur et dont le but était, en découpant et divisant ainsi le terrain en autant de prismes qu'il y avait d'arceaux, de leur faire supporter à chacun une charge de terre relativement faible, laquelle était reportée sur les piliers.

De cette façon, on a évité les poussées des terres toujours dangereuses dans les hautes tranchées, comme elles le sont dans les remblais élevés, et on a diminué sensiblement l'épaisseur et, par suite, le cube des maçonneries de parement. *(Applaudissements.)*

M. DEHARME ajoute qu'en ce moment la Compagnie du Midi cons-

truit à la limite de la frontière espagnole, à Cerbère, qui est la dernière gare française, un mur de soutènement très important, qui a été estimé un million dans le forfait passé par cette Compagnie avec l'État, pour le compte duquel elle fait les travaux. On a cherché dans cette construction à réduire le cube de maçonnerie au minimum possible ; aussi le masque a-t-il été complètement supprimé. Cet ouvrage est à la fois un mur de soutènement et un viaduc à deux étages. La face antérieure de ce viaduc regarde la mer, l'autre soutient les terres.

Ces dernières, prenant leur talus, s'appuient sur les voûtes de l'étage inférieur du viaduc; le pied de ce talus est maintenu par une murette, sur la face extérieure du viaduc. En dessous,la disposition est analogue : c'est encore un talus qu'on a raidi par un perré en pierres sèches provenant de rochers voisins, afin de réduire autant que possible la largeur du viaduc. On est arrivé à constituer ainsi un mur de soutènement extrêmement économique.

La hauteur de cet ouvrage varie de 18 à 21 mètres ; sa longueur dépasse 300 mètres pour la partie voûtée; le mur entier, y compris les parties pleines aux extrémités, a plus de 500 mètres.

Peut-être les phases de la construction pourront-elles être décrites devant la Société, lorsque les travaux seront terminés.

M. LE PRÉSIDENT répond qu'on entendra avec plaisir M. Deharme donner des renseignements détaillés à ce sujet. Enfin les observations qui viennent d'être présentées ajoutent encore à l'intérêt qu'offre le livre de M. Leygue.

M. LE PRÉSIDENT donne ensuite la parole à M. Jules Garnier, qui demande la permission de dire quelques mots sur une question de toute actualité.

M. JULES GARNIER. Vous voudrez bien m'excuser, Messieurs, d'interrompre le cours naturel de votre ordre du jour, pour vous parler du drame sauvage qui vient de se dérouler à Decazeville. Jules Watrin, le malheureux ingénieur en chef, était mon ami et mon camarade de l'Ecole des mines de Saint-Étienne où il me précédait d'une promotion : il sortit major ; le second, M. Grand'Eury est aujourd'hui membre correspondant de l'Académie des sciences, à la suite de ses savantes études de la flore houillère.

Jules Watrin parcourut sa carrière d'ingénieur à la Compagnie de Châtillon et Commentry ; et il a concouru d'une façon très active au développement des affaires de cette vaste entreprise qui depuis quelques années tient, comme vous le savez, un des premiers rangs en France.

Après un passage assez court à la direction des forges de Niederbronn, à MM. de Dietrich, il prit en main la conduite des vastes établissements de Decazeville, au mois de juillet 1880.

L'affaire de Decazeville malgré des richesses considérables en minerais de fer et en charbon, a toujours été dure à mener : ses minerais, si abondants,sont pauvres et impurs ; ses houilles, en couches si puissan-

tes, ne trouvent presque pas de débouchés dans la région; il faut les transporter assez loin pour les vendre et augmenter sur place leur valeur marchande par des lavages très soignés, l'agglomération des menus, etc., etc.

Malgré ces conditions défavorables les affaires marchèrent passablement dans ces dernières années; mais on sait la crise sans précédent dans laquelle est entrée depuis plus d'une année l'industrie du fer et de la houille; on ne lutte plus pour gagner, mais pour vivre. Watrin et son conseil d'administration se rendaient compte qu'il n'y avait à Decazeville qu'un moyen de salut, c'était d'abaisser les prix de revient: et l'on tendit vers ce but en consacrant dans ces dernières années la presque totalité des bénéfices en installation mécaniques grandioses pour le lavage et l'agglomération des houilles.

Grâce à ces sacrifices, la Compagnie pouvait marcher sans chômer autant que les compagnies voisines, bien qu'elle eût dû diminuer la production du fer dans une notable proportion. — D'autre part, l'ouvrier jouit ici d'un avantage spécial: la Compagnie a favorisé la mise en œuvre d'une Société coopérative qui permet d'avoir le pain et la viande à 25 0/0 environ au-dessous des cours; la Société n'est pour rien dans l'administration de cette œuvre économique, si ce n'est qu'elle loue les locaux nécessaires et paye directement, sur les salaires, les sommes dues par chaque ouvrier.

La bonne harmonie entre la Compagnie et les ouvriers proprement dits a toujours régné au sujet de cette Société coopérative.

Watrin s'occupait activement du perfectionnement de cette œuvre et ce n'est pas ici qu'il faut chercher la cause de sa mort. Faut-il l'attribuer, comme on l'a fait, aux *marchandages*, c'est-à-dire à la discussion des prix à payer aux ouvriers mineurs pour une tâche déterminée ? C'est là encore une fausse explication, car Watrin, comme ingénieur en chef, n'avait pas à intervenir dans cette discussion qui se passe, ici comme ailleurs, entre les *ingénieurs du fond*, *les maîtres mineurs* et les ouvriers.

D'ailleurs, les ouvriers arrêtés jusqu'ici et accusés du meurtre ne sont pas des mineurs, mais bien des forgerons, pour la plupart; et la femme faisait le métier de brocanteuse.

Il resterait à chercher la cause de l'assassinat dans le caractère même de Watrin. Moi qui l'ai connu et suivi depuis sa jeunesse, je puis affirmer qu'il était incapable de faire du tort à un ouvrier; parcimonieux pour lui-même, il n'aimait pas les prodigues, mais il savait être généreux et en tout cas, il avait trop de dignité et de droiture pour tromper les ouvriers, dont plus que personne il comprenait les besoins. — Ainsi donc, le sort terrible qui attendait Watrin était immérité à tous les chefs.

Il ne reste donc plus logiquement qu'à chercher les causes des tristes événements de Decazeville dans la misère générale de l'industrie et des ouvriers de l'Aveyron, où une Compagnie, celle d'Aubin, vient d'arrêter

son aciérie et de renvoyer plusieurs centaines d'ouvriers, où les prix de vente des produits sont tombés au prix de revient et au-dessous ; on ne peut voir de remède absolu à cette situation, mais on y voit des palliatifs sérieux : j'ai eu plusieurs fois l'occasion de visiter et d'étudier le bassin de l'Aveyron et ce n'est pas d'aujourd'hui que mon opinion est faite sur ces points ; mais quelques mots me semblent d'abord nécessaires sur la constitution même de ce bassin carbonifère. La surface occupée par le terrain houiller a 20 kilomètres de longueur environ, sur une largeur qui varie entre 4 et 8 kilomètres. On y a reconnu trois systèmes de couches : le système supérieur avec une couche de houille, qui a quelquefois 30 mètres de puissance, mais plus généralement 10 mètres ; le système moyen avec une couche de 20 mètres de puissance bien reconnue aujourd'hui ; enfin, le système inférieur, avec une couche de 3 mètres d'épaisseur.

Il ressort de cette rapide description que, au point de vue de la quantité, peu de bassins houillers en France sont comparables à celui-ci. Mais, à cause même des grandes épaisseurs des couches et de la nature inflammable des houilles qui sont très gazeuses, il y a de grandes difficultés d'exploitation ; enfin, comme nous l'avons dit, il faut porter ces charbons au loin pour les vendre, et les frais de transport absorbent, parfois au delà, les bénéfices. Tout le nœud de la question est dans cette considération des transports et, il y a plus d'une année que, dans cette même enceinte, au sujet d'un travail économique de M. Périssé, j'appelais déjà votre attention sur la misérable situation faite à nos houillères du Sud-Ouest par les conditions de transport.

Le bassin de l'Aveyron pourrait produire annuellement des millions de tonnes de houille ; il en produit péniblement 600,000, soit 400,000 à Decazeville et 200,000 qui se partagent entre les autres Compagnies : Campagnac, Aubin, Auzitz et Bouquies. L'ensemble de ces compagnies ne distribue qu'un infime intérêt aux capitaux qui y ont été enfouis depuis de longues années, et si la situation actuelle se prolongeait, il faudrait arrêter encore d'autres travaux ; réduire à la famine, 4,000 ouvriers et ceux qui vivent autour d'eux. Les charbons anglais suppléeraient à ce manque et 4,000 ouvriers anglais de plus auraient leur travail assuré. Or, et c'est là le point où j'appelle toute l'attention, les tarifs de transport imposés par les Compagnies d'Orléans et du Midi aux houilles de l'Aveyron et aux charbons anglais, sont souvent en faveur de ces derniers : qu'on en juge par quelques exemples :

De Bordeaux à Limoges	225	kilomètres, pour les	Anglais	8 fr.	50
De Decazeville —	218	—	Français	8	25
De Bordeaux à Périgueux	127	—	Anglais	3	50
De Decazeville —	188	—	Français	6	50
De Bayonne à Tarbes	197	—	Anglais	5	»
De Decazeville —	330	—	Français	16	50

J'aperçois dans cette enceinte notre collègue, M. Reymond, député de la Loire ; il est vice-président de la commission des chemins de fer et j'espère qu'il voudra bien examiner la question par les côtés que je signale et y trouvera des éléments sérieux pour apporter un remède à une situation des plus tendues.

M. Jordan désire ajouter quelques mots sur M. Watrin qu'il connaissait depuis vingt ans. Sans vouloir aucunement s'occuper des causes des troubles de Decazeville, ni les attribuer à des tarifs de chemins de fer, M. Jordan veut seulement rendre hommage au caractère et au mérite de M. Watrin, qui était un métallurgiste des plus distingués. Après avoir débuté aux forges de Châtillon et de Commentry, il entra à la maison Dietricht, de Niederbronn. En 1871 M. Watrin, qui était originaire de la Lorraine annexée, fut expulsé d'Alsace parce qu'il avait voulu rester Français et avait opté pour la France. C'est quelques années après qu'il devint ingénieur en chef à Decazeville. M. Watrin était un homme d'un esprit enjoué, bienveillant et droit; il n'avait rien du caractère altier et faux, que lui ont attribué certains journaux, dans des articles écrits par des personnes qui ne l'ont pas connu.

M. Jules Garnier remercie M. Jordan du témoignage qu'il vient de lui apporter, en prononçant ces bonnes paroles sur M. Watrin.

M. Périssé ne pense pas que la grève de Decazeville soit, comme l'a dit M. J. Garnier, un effet de l'élévation des tarifs de chemins de fer. La cause dominante de la grève est, dans l'espèce, la crise générale dont souffre aujourd'hui l'industrie; une autre cause réside dans l'impureté et dans la mauvaise qualité des houilles de cette région, qui contiennent environ 20 0/0 de cendres, qui sont sèches, à longue flamme et ne peuvent rendre les mêmes services que les houilles provenant d'Angleterre, d'Allemagne, ou d'autres parties de la France. Certainement il est fâcheux, à tous les points de vue, que les Compagnies de chemins de fer aient des tarifs plus élevés pour les marchandises venant de l'intérieur du pays que pour celles venant de l'Etranger; mais il est exagéré de dire que la grève dont il s'agit doive être attribuée à ces différences de tarifs.

M. Henry Mathieu, tout en approuvant complètement les témoignages de regrets donnés, par M. J. Garnier et Jordan, à la mémoire de M. Watrin, à sa valeur comme Ingénieur et à son caractère comme homme et comme Directeur, ne comprend pas et regrette vivement que, dans un évènement aussi douloureux, M. J. Garnier ait mêlé une question de tarifs, qui n'a rien à y faire, et qui n'est pas dans nos mains.

L'ordre du jour appelle la communication de M. Lencauchez sur le *Traitement des eaux d'égouts et sur l'évacuation des vidanges.*

M. Lencauchez dit que ses études sur la question remontent à 1858 et qu'elles ont fait l'objet d'une communication à la Société, le 1er mars 1872 sous la présidence de M. Émile Muller.

Aujourd'hui, le travail que M. Lencauchez soumet à l'examen de la

Société, a un plus grand développement, car son mémoire remplit 64 pages grand format; M. Lencauchez n'en fera donc qu'un résumé très sommaire, afin qu'une partie de la séance puisse être consacrée à la discussion des principes qui ont, depuis si longtemps, et à un si haut degré, passionné le public parisien en général et le monde des ingénieurs en particulier.

Comme sans la lecture du volumineux mémoire de M. Lencauchez, les détails échapperaient, il faudra consulter ce travail, si on veut approfondir la question; pour plus de facilités M. Lenchauchez a fait exposer dans la Salle des séances, huit planches principales de ses études de 1858 à 1869.

M. Lencauchez tient avant tout, et au plus haut degré, à bien faire remarquer qu'il n'a aucun intérêt direct ou indirect à la mise en pratique des nombreux systèmes : 1° d'utilisation des eaux d'égout; 2° d'utilisation des vidanges; 3° de transport des vidanges; 4° de transformation de ces dernières en engrais; 5° d'enlèvement des immondices et de leur utilisation comme engrais; et que de plus, s'il a consacré autrefois des sommes relativement considérables à ses recherches et passé beaucoup de temps en observations, essais et études, il a cessé depuis bien longtemps de s'occuper de ces questions : c'est à la demande des hygiénistes les plus distingués que M. Lencauchez a résumé ses travaux, dans l'intérêt de la vérité et de ce qu'il croit être le bien public.

Fabrication des engrais extraits des vidanges. — Pour procéder par ordre de date, M. Lencauchez dit, qu'en 1858, il ne s'est occupé que de la fabrication du sulfate d'ammoniaque, des solutions ammoniacales concentrées et d'un engrais solide, dit *poudrette*.

A cette époque, 1/5 seulement de l'azote et de l'acide phosphorique était retenu à Bondy et les 4/5 étaient rejetés à la Seine, sans aucun traitement; de plus, la forêt de Bondy était un vaste foyer d'infection. Le projet de M. Lencauchez ne consistait que dans l'amélioration de la méthode suivie à cette époque pour transformer en engrais, en solutions ammoniacales et en sulfate d'ammoniaque la totalité de la vidange quotidienne, car il ne faut pas oublier qu'en ce temps la voirie de Bondy était un vaste réceptacle de trente hectares de matières fécales en putréfaction.

Plus tard, de 1866 à 1869, M. Lencauchez, reconnaissant que son projet primitif ne pouvait donner satisfaction aux exigences de l'hygiène et de la salubrité publique, entreprit une longue série d'expériences ayant pour but la transformation, en vingt-quatre heures, des vidanges en engrais, au fur et à mesure de leur arrivée à Bondy; cette transformation devait être effectuée *en vases clos et par le vide*, afin qu'aucune fuite d'appareil ne pût laisser dégager la moindre odeur, le vide ayant au contraire pour effet de faire entrer l'air extérieur dans les appareils. Le méthode proposée à cette époque consistait:

1° A cribler la vidange en vase clos, afin d'en retirer les corps solides (où dominent les bouchons) ;

2° A distiller et à saponifier par la chaux *(en seconde distillation)*, la totalité de la vidange *(dans le vide)*;

3° A fixer l'ammoniaque par l'acide sulfurique sortant des chambres à 53°, ces chambres faisant partie de l'usine pour éviter le transport de l'acide sulfurique;

4° A condenser les vapeurs se dégageant des bacs ou chambres de saturation, puis à les désinfecter;

5° A brûler les gaz secs sous le foyer des générateurs à vapeur pour les détruire. (Ici il faut bien remarquer que, sans cette précaution, on ne fait que transporter à distance l'infection, *chose qui plus tard a été bien mise en lumière par* M. Aimé Girard, *du Conservatoire des Arts-et-Métiers)*;

6° A transformer les résidus solides de la distillation, après décantation méthodique et graduelle avec extraction mécanique, en poudrette. soit par presse-filtre, soit par dessiccateur mécanique à l'air chaud.

Ici on remarquera que les produits fixes de la distillation, saponifiés à la chaux et ayant subi l'ébullition pendant deux heures, ne peuvent dégager aucun gaz à la dessiccation et, par suite, donc laisser échapper aucune odeur;

7° A désinfecter pour l'avenir, ou mieux, à neutraliser par le chlore et le goudron de houille, les eaux résiduaires clarifiées, s'échappant des bassins de décantation, auxquelles ces réactifs donnent l'odeur du benjoin; on remarquera que ces eaux résiduaires clarifiées ne renferment plus que 0k,057 grammes d'azote par mètre cube, ce qui, en pratique, peut être négligé, vu que ces 57 grammes ne peuvent plus de longtemps *(grâce à la présence du chlore et du goudron)*, entrer en fermentation putride.

8° A utiliser les eaux résiduaires à l'irrigation des terres entourant la voirie de Bondy.

Pour terminer ce sujet, M. Lencauchez fait remarquer que M. Paul Mallet, ingénieur, membre de la Société, a prouvé plus tard que la méthode de distillation qu'il vient d'exposer, est pratique et économique. par la construction d'appareils variés, différant peu de ceux de M. Lencauchez, mais basés sur les mêmes principes. M. Lair et d'autres ont opéré de même. M. Antony Gzechowiez et M. Collet ont également fait voir que la dessiccation par les gaz chauds est pratique et M. Porrion, distillateur dans le Nord, a prouvé qu'un dessiccateur bien fait, construit sur le même principe que ceux de M. Lencauchez, peut évaporer, de la vinasse de distillerie, entre 12 à 14 kilos d'eau (*suivant la saison*) par kilog. de houille de premier choix.

Enfin M. Lencauchez fait observer que si toute la vidange de Paris

avait été transformée en poudrette et en sulfate d'ammoniaque depuis 1868 jusqu'en 1883, elle aurait produit pour plus *de soixante millions de francs d'engrais, en réalisant un bénéfice de trente millions au moins*, bénéfice avec lequel on aurait pu faire un grand nombre d'améliorations qu'on promet toujours et qu'on ne fait point.

Vidange des fosses. — M. Lencauchez croit avoir bien fait voir qu'il est possible de restituer à l'agriculture un engrais précieux, en réalisant des bénéfices, et de faire du sulfate d'ammoniaque sans le plus petit dégagement d'odeur désagréable.

En ce qui concerne la vidange, il pense que l'extraction par les pompes à vapeur, faisant le vide sur place, restera la bonne solution, tant qu'il n'y aura pas de canalisations spéciales de vide pour remplacer les pompes. M. Lencauchez croit également que par l'établissement de fosses de quartier, qui plus tard pourraient devenir des bassins de chasse pour les égouts, il serait possible de ne plus avoir qu'une fosse pour 20 maisons, en moyenne.

Enfin M. Lencauchez est d'avis qu'une canalisation de vide, ayant son écoulement vers tous les points bas de la ville, pourrait faire l'extraction de la vidange de toutes les fosses de maison, de toutes les fosses de quartier *(quand il y en aura)* et même des chutes directes. Les pompes à faire le vide pourraient refouler à distance la vidange ainsi que les eaux ménagères, comme le fait encore la machine de la Villette qui refoule la vidange à Bondy. M. Lencauchez voit là une solution donnant pleine satisfaction aux hygiénistes qui considèrent comme une calamité publique l'introduction de la vidange dans les égouts de Paris.

Mais, pour bien juger cette importante question, M. Lencauchez ne peut qu'engager ses auditeurs à la lecture de son mémoire. S'il est fait peu de progrès à Paris depuis 28 ans, cela est dû au *Tout à l'égout, qui, décrété depuis cette époque dans la pensée intime de l'administration*, a fait abandonner toute recherche dans une autre voie : or nous ne sommes pas beaucoup plus avancés aujourd'hui, et il est probable que, dans 28 ans, il y aura encore des fosses ; il serait donc utile d'en améliorer le plus possible les conditions, plutôt que de promettre continuellement le *Tout à l'égout* qu'on ne réalise pas et que les médecins et les hygiénistes les plus illustres considèrent comme un fléau. Enfin on ne refait pas une ville de 2,500,000 habitants en quelques jours ; la perfection, si perfection il y a de ce côté, n'est pas toujours possible : donc faute de mieux, il faudrait améliorer ce qui existe.

Les Fosses. — Tant que tout le réseau des égouts de Paris ne sera pas terminé, même avec le principe du *Tout à l'égout* admis d'une façon irrévocable, répète M. Lencauchez, il y aura des fosses et il y en aura encore longtemps, si on en juge par les promesses qui nous sont faites depuis 28 ans, et, pour cette raison, il serait bon de songer à améliorer le régime de ces dernières.

A ce sujet, M. Lencauchez pense que rien ne serait plus facile que de relier la voie publique, la rue, ou mieux le trottoir en bordure, par une prise d'eau pour pompe de vide, avec la fosse de chaque maison. Le tuyau unissant la fosse avec la bordure du trottoir pourrait être descendu assez bas pour devenir plus tard la chute du *tout à l'égout*, ou le branchement de la conduite à une fosse de quartier, ou encore, ce que désirent les hygiénistes, le branchement d'une conduite de vide ; en attendant, ce tuyau dispenserait de la pose des tuyaux mobiles articulés, si gênants et si incommodes chaque fois qu'une fosse est à vider.

Une autre amélioration, qui s'impose aussi, serait la bonne ventilation des fosses : la quantité de gaz qui s'en dégage est peu considérable et n'est sensible que lorsqu'il se produit un brusque abaissement de la pression atmosphérique. Dans son mémoire, M. Lencauchez donne le dessin d'un brûleur de gaz qui pourrait éclairer la cour de la maison, ventiler la fosse en tout temps, en faisant le vide dans les appartements (*vide de 1 à 2 m/m d'eau effectifs*), et brûler au passage les gaz infects, en détruisant les mauvaises odeurs et les germes infectieux.

Plus tard, si on a le *tout à l'égout*, la fosse de quartier, ou mieux encore la conduite spéciale de vide pour la vidange, la ventilation des cabinets sera toujours utile, car les matières fraîches répandent toujours une odeur infecte. L'espoir de réaliser bientôt le *tout à l'égout* ne devrait donc pas faire ajourner des améliorations peu coûteuses qui s'imposeront à tous les systèmes d'évacuation des vidanges et des eaux ménagères. A ce sujet M. Lencauchez renvoye ceux de nos collègues qui s'intéressent spécialement à ces questions, à la lecture de son mémoire.

Les Immondices, — Jusqu'ici, on s'est peu occupé, à Paris, des immondices, qui sont cependant une des plus dangereuses sources d'infection. En Angleterre, dans beaucoup de villes, on les brûle pour les détruire ; cette incinération nécessite peu de combustible, vu la très grande quantité de résidus de houille, coke et escarbilles que contiennent ces immondices. Chez nous, à Paris, il n'en est pas de même, la quantité de matière combustible nécessaire pour cette calcination nous ferait défaut. Quoique depuis 21 ans M. Lencauchez construise des appareils de chauffage perfectionnés, souvent avec gazogènes et récupérateurs, il doute que l'incinération des immondices soit possible à Paris, eu égard à la dépense énorme de combustible qu'entraînerait, selon lui, cette opération, principalement en hiver et en temps de pluie. C'est pourquoi il pense qu'à Paris il serait préférable de passer les immondices au trommel débourbeur, à l'usine de décantation des eaux d'égout (usine dont il parlera plus tard), afin de débarrasser ces immondices de la terre, sable, cendres, etc., qu'elles renferment, pour n'avoir plus à incinérer que la matière organique rejetée par le trommel. M. Lencauchez ajoute qu'il a traité cette question, dans son mémoire, avec tous les détails qu'elle comporte.

Décantation des eaux d'égout. — En ce qui concerne les égouts, M. Lencauchez dit qu'il n'a pas d'opinion personnelle sur le danger réel ou chimérique que le *tout à l'égout* peut présenter, avec introduction de la vidange totale de la ville. Ce qu'il sait, c'est que la vidange représente, en moyenne, 1/100 du volume des eaux d'égout et que ce centième renferme autant de matières organiques *(azote, ammoniaque, phosphates etc.)* que les eaux d'égouts; de sorte que si la totalité de la vidange était évacuée aux égouts, la quantité de matières infectantes serait doublée. Quel serait, en temps d'épidémie, les conséquence du *tout à l'égout?* M. Lencauchez l'ignore, n'étant ni hygiéniste, ni médecin; il pense que, de ce côté, les ingénieurs doivent s'en rapporter aux savants du corps médical, au Conseil d'hygiène et à l'Académie de médecine plutôt qu'à eux-mêmes: ils doivent, selon sa manière de voir, prendre les décisions des médecins-hygiénistes et les appliquer au mieux, suivant les conditions spéciales dans lesquelles se trouve la ville qu'il faut assainir.

M. Lencauchez ajoute, qu'il serait bon d'en finir avec la question du déversement des eaux d'égout. Laissant de côté la question d'hygiène qu'il ne saurait traiter, il pense que ce n'est pas 10/0 de plus ou de moins en volume, qui pourra faire grand'chose en cette affaire.

Depuis bientôt vingt-cinq ans nous devons toujours être débarrassés demain de l'infection de la Seine en aval de Paris, mais ce demain est toujours ajourné.

Après avoir trouvé que la plaine de Gennevilliers pouvait absorber tout l'azote, toute la potasse et tout l'acide phosphorique que Paris peut produire, pour les transformer en légumes, on a été conduit à soutenir que 1/5 de la surface de Paris était capable de s'assimiler, en culture intensive, l'engrais qu'il produit : autant vaut dire à un fermier qu'il n'a plus besoin de champs, que la cour de sa ferme est suffisante et que la surface ne compte plus. Cependant, tous les agronomes savent qu'un hectare de terre ne peut guère faire passer dans les végétaux plus de 200 kilogs d'acide phosphorique, azote et potasse, par année, et qu'à ce compte, il faudrait l'étendue d'un des plus grands départements de France pour bien utiliser tout l'engrais produit par la capitale.

Plus tard on a pensé au bois de Saint-Germain, à la Beauce, à la Brie, etc., même à la Champagne, ce qui n'a guère fait avancer la question.

Enfin, dans un certain milieu, on a abandonné l'utilisation agricole pour faire du bois de Saint-Germain un vaste filtre naturel, qui, comme tous les filtres du monde, s'encrassera; mais là, le décrassage se fera à la charrue. Combien de temps durera ce filtre, dont la crasse ne sera que remuée et jamais enlevée, c'est ce que personne ne saurait dire; du reste, si le bois de Saint-Germain ne suffit pas plus que Gennevilliers, on ira plus loin et on fera si possible de l'utilisation agricole.

Dans un autre milieu, le tout à l'égout est devenu le tout à la mer,

avec utilisation agricole, le long du chemin, mais quel chemin? C'est encore ce qui reste à trouver.

Ce qu'il y a de plus clair en ces sortes de projets, c'est que depuis vingt-cinq ans ils ont fatigué le public, qui a fini par prendre l'habitude de l'infection : quelques personnes se passionnent et discutent avec feu, ce qui laisse les Parisiens indifférents, à moins que le vent du nord-est ne souffle en été ou qu'on ne parle du choléra ; mais dès que le vent a changé et que le choléra a été chassé par l'hiver, ou que les élections sont terminées, les Comités rendent le dernier soupir, et..... à l'année prochaine.

Comme cet état de choses dure depuis plus de vingt-cinq ans, M. Lencauchez s'est demandé si, sans mettre en révolution tous les départements voisins de Paris, y compris même celui de la Seine, on ne pourrait trouver une autre solution *que le tout à l'égout quand même*, qui semble de plus en plus reculer. M. Lencauchez trouve que Gennevilliers, le bois de Saint-Germain, etc., n'ont que faire du sable que transportent les égouts, que le mode de pavage *(qui est un nouvel argument)* ne change pas la question, et qu'enfin ce sable, qui se dépose naturellement et qui sera toujours la cause de frais énormes de curage et d'entretien de canalisation, pourrait bien rester à Clichy ou tout au moins à Gennevilliers, si la place fait défaut à Clichy.

Voici ce que M. Lencauchez croit qu'il est possible de réaliser en dix à douze mois, quand on le voudra :

Construire à Gennevilliers une grande usine d'épuration des eaux d'égout avec d'autres services de salubrité, et se composant :

1° D'un premier groupe de bassins de décantation, à curage mécanique, pour l'enlèvement des sables et boues ;

2° D'un deuxième groupe de bassins de décantation pour précipiter par la chaux les matières organiques en suspension, puis les draguer mécaniquement pour en faire un engrais *(poudrette)* ;

3° D'un troisième groupe de bassins de décantation pour la clarification complète des eaux par le sulfate d'alumine, lesquelles seraient aussi draguées mécaniquement, pour donner, également de la poudrette.

C'est en lisant la note de M. Lencauchez qu'on pourra juger de la valeur des voies et moyens qu'il propose. Quant à lui, sa conviction, résultant de sa longue expérience de ces sortes de choses, est que ces moyens sont les plus sûrs, les plus expéditifs et les plus économiques sous tous les rapports ; que pour réaliser l'assainissement de la Seine, il n'est pas besoin de loi spéciale, ni du bon plaisir des voisins. Quant aux eaux clarifiées, chargées de sulfate d'ammoniaque, de sulfate de potasse, de carbonates de soude et de potasse, etc., etc., elles peuvent être utilisées à l'irrigation interne, sous une faible surface le terrain, et donner lieu à la création d'un magnifique herbage qui ne nécessiterait aucun entretien ; dans ce cas, les 600 hectares de Gennevilliers seraient plus que suffisants pour la filtration continue.

Mais pour l'examen de la méthode à suivre, M. Lencauchez ne peut que renvoyer à l'étude de son mémoire, son exposé prenant déjà une trop grande place ici.

CONCLUSION

M. Lencauchez propose de créer à Gennevilliers une grande usine de décantation, de traitement des vidanges et des immondices, en utilisant la vapeur perdue des machines à la distillation et les chaleurs perdues à la dessiccation, etc. Quant au sable, on en ferait une butte, au moyen de wagons et de locomotives, ainsi qu'on le pratique pour les crassiers de forges et de hauts fourneaux et pour les dépôts stériles de l'exploitation des mines. En un mot M. Lencauchez voudrait réunir, dans un grand établissement municipal, le traitement des *eaux d'égout, des vidanges et des immondices*, faire des engrais et des sels ammoniacaux, ne laisser sortir de l'établissement que des eaux bien clarifiées, qui pourraient être utilisées sur une très faible surface à l'irrigation interne, puis, enfin, si on y était forcé à certaines époques de l'année, rejeter à la Seine des eaux clarifiées, ne renfermant que 57 grammes d'azote au mètre cube. Ne considérerait-on pas ce progrès avec la plus grande satisfaction?

M. le Président, après avoir remercié M. Lencauchez de son travail qui est extrêmement intéressant, dit que l'utilisation des vidanges, eaux d'égout et ordures ménagères, a une grande importance pour l'agriculture et l'industrie, et qu'il serait, en conséquence utile qu'une discussion s'ouvrît, afin d'ajouter quelques développements sur une question aussi grave et aussi actuelle ; puis il invite M. Trélat. qui a certainement quelque chose à dire à ce sujet, à prendre la parole :

M. Émile Trélat. — Je crois, M. le Président, que la question soulevée par M. Lencauchez ne peut guère se reprendre au pied levé, bien qu'elle ait été déjà largement traitée dans cette enceinte, et surabondamment discutée dans d'autres réunions. M. Lencauchez s'est placé a un point de vue bien ancien. Il a fait appel aux hygiénistes; mais, s'il y a un sujet sur lequel l'hygiène soit aujourd'hui parfaitement établie, c'est que tout ce qui est déjection, dans une grande agglomération d'individus, ne doit pas plus séjourner dans la maison que dans la ville. Tous les hygiénistes sont d'accord sur ce point.

Quelle est la première conséquence de ce principe ! C'est que tout appareil qui demandera du temps pour fonctionner et qui retiendra les déjections et les détritus dans la ville pour les travailler doit être rejeté. C'est une opération qu'il faut éloigner.

Quelle est l'autre conclusion? C'est que tout ce qui permettra d'expulser et de conduire loin de la ville, loin de l'agglomération, tout de suite,

sans les y laisser séjourner, ces matières si dangereuses, devra être adopté. C'est une opération à poursuivre.

Ces deux observations marquent indubitablement qu'il faut repousser les deux ou trois longues et encombrantes manipulations qui constitueraient les *décantations* d'eaux d'égouts dont vient de vous parler M. Lencauchez.

La bonne solution du problème est faite aujourd'hui ; elle est connue, elle existe aux portes de Paris, ainsi qu'aux portes de beaucoup d'autres villes ; mais, aux portes de Paris, il y a vingt ans qu'elle est appliquée : c'est le sol de Gennevilliers qui rend salubres, aujourd'hui, tous les éléments insalubres qui y sont déversés, par une opération qu'on peut appeler automatique : elle ne nécessite aucun fonctionnement de machine, aucun appareil à mettre en mouvement dans la ville ; ce qui rend la salubrité à ce qui l'avait perdue s'est fait automatiquement et simplement. Le seul point sur lequel on n'est pas d'accord, c'est l'extension du champ de travail utile à la salubrité. Il faut agrandir ce champ de Gennevilliers, on veut l'étendre et aller jusqu'à Achères. Les habitants se plaignent, à tort suivant nous, mais ils se plaignent et gênent ainsi la solution ; ils font que les choses durent 28 ans, comme disait M. Lencauchez, sans recevoir de solution, ils font que les choses durent 28 ans, au lieu de ne durer que 8 ou 10 ans, temps qu'il faudrait pour arriver à une bonne fin.

Ce n'est pas la faute de ceux qui savent ce qu'il faut pour rendre salubres les dangereux déchets des villes ; ce n'est pas leur faute, c'est la faute d'intérêts qui sont plus ou moins éclairés, mais qui sont légitimes ; ce sont eux qui attardent les solutions. Mais en ce moment-ci, la solution hygiénique est connue et faite absolument. On a cité un nom, un nom qui appartient à la science, c'est celui de M. Brouardel ; je suis bien à mon aise pour vous en parler : personne ne s'est plus battu avec lui que moi, et, Dieu merci ! nous n'en sommes pas moins bons amis. Et bien, nous ne sommes pas du même avis sur un point de détail. M. Brouardel est opposé à l'introduction des matières fécales dans les conduites qui emmènent les détritus et les eaux hors de la ville. Il a invoqué et fait intervenir, à l'appui de son opinion, les grands travaux de notre illustre Pasteur ; il n'a pas, il est vrai, été très bien soutenu par ce maître, quand celui-ci a été appelé devant la Commission de l'Assemblée nationale, il y a six mois ; toujours est-il que M. Brouardel se préoccupe du danger que peut faire naître la diffusion du monde microbien, qui hante aujourd'hui tous les esprits et qui a été la belle découverte de M. Pasteur. Il dit : Ces microbes, que nous commençons à connaître, qui engendrent les maladies, les perpétuent et les répandent, ces microbes-là, vous allez les faire courir et les disperser dans la ville. Nous disons : — Nous préférons les traîner dans des galeries souterraines que de les promener dans des tombereaux qui, la nuit, parcourent à ciel ouvert les voies publiques. — Enfin, comme dernier argument, nous avons dit : — Admettons que tout ce que vous craignez arrive et soit certain, alors, c'est la fièvre

typhoïde, c'est le choléra, ce sont deux ou trois autres maladies très rares que vous croyez être répandues, développées d'une manière dangereuse, beaucoup plus lorsqu'on fera courir les déjections dans les conduits sortant de la ville, que si on ne le fait pas. A cela nous répondons : Faites la statistique de ces maladies : elles alimentent une mortalité de 1.19 sur 1,000 habitants, tandis que l'ensemble des morts s'élève à 25.70. Si nous n'apportons aucun bien dans la mortalité 1.19 (et ce n'est pas prouvé), les puissantes et promptes ablations des déjections par voie d'égouts, diminueront sans conteste la mortalité 25.70 — 1.19 = 24.51. Toutes les expériences du monde l'ont prouvé. Ce que nous voulons faire, c'est que Paris, qui est pourvu d'excellentes conditions de salubrité ; qui est bâti sur un terrain perméable ; qui est sur un fleuve de choix ; qui est balayé par des vents maritimes des plus favorables ; Paris, dont l'atmosphère est purifiée ; nous voulons que dans ce Paris-là qui est une grande capitale dont la mortalité est supérieure à celle des autres grands villes, — Londres, en vingt ans, a fait tomber sa mortalité de 26 à 20 ; Bruxelles n'a que 20 ; Berlin n'a que 24, — nous demandons, nous, Parisiens, habitants de la capitale, nous, hygiénistes, nous demandons que cette mortalité baisse.

Eh bien, une des raisons qui font baisser la mortalité d'une ville, c'est la propreté, l'ablation prompte des déjections. Certainement, la propreté des rues de Paris, personne ne la conteste ; nos voies publiques sont plus propres que partout ailleurs. Mais nos maisons sont plus sales. Pourquoi ? Parce qu'il y a des fosses, et que celles-ci ne peuvent pas recevoir la quantité d'eau indispensable au nettoiement des cabinets d'aisances. Les propriétaires s'y refusent. Ils paient 0 fr. 05 c. ou 0 fr. 08 c. le mètre cube d'eau et ils paient 8 francs l'enlèvement d'un mètre cube de vidange ! Le meilleur moyen d'assainir la maison, c'est d'y envoyer beaucoup d'eau ; cela nécessite qu'il n'y ait pas de fosses, pas plus de fosses de quartier, que de fosses de maison ; que toutes les déjections et les détritus de la ville soient emportés et jetés sur les champs, mais pas à l'état d'eau claire, comme l'indique M. Lencauchez : je ne comprends pas cette irrigation à l'eau claire. Le répandage aux champs, c'est le répandage de l'eau avec tous les éléments dangereux, mais fertilisants qu'elle contient ; lorsqu'elle passe dans un terrain perméable, elle se purifie ; la rencontre des matériaux oxydables, qu'elle contient, avec l'air du sol poreux, donne lieu à une oxydation prompte de tout ce qui était dangereux. Le sol garde toutes les combinaisons fixes parmi ces oxydations, et la végétation s'y approprie celles qui lui conviennent.

M. Lencauchez veut présenter trois observations à ce que vient de dire avec beaucoup de talent M. Trélat :

En premier lieu, il fait remarquer que lorsqu'il a parlé d'irrigation à l'eau claire, il n'a nullement entendu parler d'irrigation à l'eau stérile. Lorsque les eaux amènent des sulfates de potasse, du carbonate de potasse et du sulfate d'ammoniaque, elles sont très fertilisantes et

peuvent être utilisées pour l'agriculture. C'est la matière inerte, la boue, le sable qu'il a parlé de retenir. Il n'a pas combattu le tout à l'égout, pas plus qu'il ne l'approuve; c'est une question qu'il ne juge pas; mais il s'est demandé à quelle dépense fantastique on serait conduit en voulant faire arriver les eaux d'égout jusque dans la Brie et la Beauce, et s'il n'y aurait pas moyen de s'en débarrasser d'une façon plus simple; d'ailleurs, la Beauce et la Brie n'ont aucun besoin de sable; elles peuvent avoir besoin de potasse et de sulfate d'ammoniaque, mais pas d'autre chose.

Maintenant, en ce qui concerne les fosses, M. Lencauchez ne les défend pas du tout. Depuis vingt-huit ans qu'il s'occupe de cette question, il a toujours tenu le même langage, il a toujours dit et répète aujourd'hui qu'il y a malheureusement des fosses, qu'il y en aura malheureusement encore longtemps, et qu'il serait bon de les ventiler en brûlant les gaz qui s'en dégagent, mais il ne prétend pas qu'il faille les conserver. Il a dit que si on admettait l'évacuation immédiate, il fallait la faire dans une canalisation spéciale. Qu'est-ce que les matières fécales représentent comme volume? Le 1/100 de la quantité d'eau des égouts. Si on pouvait les recueillir dans une canalisation spéciale, proposée déjà par M. Sainte-Claire Deville quelque temps avant sa mort, ce serait une bonne solution. M. Lencauchez est d'avis que ces eaux-là peuvent être traitées immédiatement, et c'est là qu'il n'est pas d'accord avec M. Trélat, car il propose de les traiter par la chaleur, et la chaux, pensant qu'elles sont mieux traitées ainsi que par la surface du sol.

Enfin en ce qui concerne les eaux d'égout, M. Lencauchez fait remarquer qu'il n'a proposé qu'un expédient, à employer si on n'a pas les ressources nécessaires pour répandre l'eau de tous côtés, ou si on rencontre des oppositions. Il croit qu'on pourrait se débarrasser du sable entraîné par ces eaux; et obtenir ainsi une eau claire, mais fertilisante car elle renfermera de l'azote et de la potasse. Ce n'est pas le sable qui est indispensable à Achères.

M. Léon Thomas dit qu'on a reproché au projet de M. Lencauchez de remonter loin : ce qui se faisait autrefois n'est plus possible aujourd'hui ; les fosses seront abandonnées ; l'industrie de la fabrication du sulfate d'ammoniaque à air libre près Paris n'est plus admise, et les dispositions sont prises pour assainir les maisons par l'envoi d'une grande quantité d'eau. — M. Thomas est tout à fait d'accord sur ce point avec son collègue de la Société d'hygiène et de la Société des Ingénieurs civils, M. Trélat; mais, où il n'est pas d'accord avec lui, c'est quand M. Trélat croit que le projet de M. Lencauchez, remontant à vingt-huit ans, doit être abandonné, et que le projet auquel on doit se rallier est celui de M. Haussmann qui date de 1868.

M. Léon Thomas pense que le projet de M. Trélat, de M. Haussmann, de M. Durand-Claye, du *tout à l'égout*, est bien plus mauvais que celui de M. Lencauchez, parce qu'il n'est pas susceptible d'amélioration. On nous

propose l'abandon des produits tirés du traitement de ces matières, la pollution de nos égouts, l'infection des environs de Paris avec les microbes, de sorte que l'industrie perd une richesse qu'elle utilise en partie déjà; l'agriculture n'a plus les éléments fertilisants auxquels elle a droit; enfin au point de vue de l'hygiène, c'est faire un pas en arrière que de répandre à la surface du sol, en couche mince, des matières reconnues dangereuses.

Le projet qu'il faut substituer à celui-là, c'est l'extraction de la vidange dans une canalisation pneumatique, hermétiquement fermée; c'est le système qui existe en Hollande et qu'on perfectionnera. C'est une canalisation spéciale pour les vidanges; elle extrait des maisons, beaucoup plus vite que par l'égout, les matières fécales, qui sont aspirées loin de la ville, dans des établissements bien fermés, où on les traitera pour tirer parti des matières fertilisantes qu'elles contiennent.

Tous les éléments de cette solution existent. Nous avons des fabriques de sulfate d'ammoniaque, qu'on reportera un peu plus loin et qu'on améliorera, nous aurons une canalisation Berlier, qui est déjà installée dans le quartier Malesherbes et qui ira dans tous les autres quartiers de la ville.

Quand on a insisté sur la nécessité d'évacuer rapidement les matières de vidange, on n'a pas dit qu'il faut 14 jours à une matière pour aller de la Bastille à Asnières, où la plus grande partie des eaux d'égout se déversent.

M. Léon Thomas croit avoir démontré, dans les principales lignes, quelle doit être la solution complète de la question des vidanges. M. Trélat peut voir qu'on trouve toujours plus hygiéniste que soi. Nous détruisons les microbes, nous en faisons un engrais; ils ne sont plus nuisibles, ils deviennent fertilisateurs.

Si M. Léon Thomas voulait faire la critique de Gennevilliers et d'Achères, ce lui serait facile, mais il ne voudrait pas soulever une discussion sur ce sujet. Les champs d'épuration de la ville de Paris auront assez à faire pour rendre potables, avant de les restituer au fleuve, les eaux ménagères et les eaux de lavage des rues. On ne doit pas souiller l'eau et les parois des égouts avec les matières de vidange.

M. Edmond Coignet demande à dire quelques mots sur la question, et à la séparer en deux pour parler d'abord de la matière fécale proprement dite, et ensuite des ordures ménagères.

Pour les matières fécales, il n'est pas du tout en principe opposé au tout à l'égout, quand cette solution est possible; mais il croit que la question ne doit pas être traitée uniquement au point de vue de Paris; à côté de Paris, il y a la France entière dont la Société des Ingénieurs civils doit s'occuper; la question doit, au contraire, être traitée à un point de vue

général, car toutes les villes ne se trouvent pas à proximité d'un terrain perméable, d'une étendue suffisante pour pouvoir appliquer ce système. Donc, cette solution-là peut être mauvaise dans une autre ville que Paris.

La question est de savoir si on peut traiter industriellement les matières fécales. M. Coignet pense qu'on peut disposer une bonne installation, qui ne soit pas nuisible à la santé publique, en perfectionnant les appareils qui existent; et, s'ils ne l'ont pas été, depuis 28 ans, cela tient à ce qu'on ne savait pas ce que serait le lendemain; les établissements de vidange sont toujours en butte aux attaques des hygiénistes et n'osent pas faire d'installations nouvelles, étant toujours sous le coup d'une fermeture administrative.

Beaucoup d'appareils ont été proposés. Ici M. Coignet diffère d'opinion avec M. Lencauchez, en ce que, en dehors de la fabrication du sulfate d'ammoniaque, et pour le traitement des matières solides de vidanges, il y a, d'après lui, un grand intérêt, au lieu de chercher la solution dans la dessiccation des matières par l'air chaud, à employer le traitement par l'évaporation au moyen d'appareils à double fond. C'est un fait qui étonne beaucoup de personnes : on n'arrive pas à dépasser 4^{k} à 4^{k},2 d'eau évaporée par kilogramme de combustible, dans les appareils à courant d'air chaud. Ce fait est confirmé par l'appareil Créchowiez, qui appartient maintenant à la Compagnie Lesage (Voirie de Bondy). Dans la visite faite l'année dernière à Nancy pour le groupe de Paris (Ecole Centrale), on vît fonctionner l'appareil Moland, et l'ingénieur de la manufacture déclara qu'après de nombreux perfectionnements il l'avait amené à évaporer 4^{k} 15 d'eau par kilog. de houille, alors qu'il s'agit là d'une matière présentant une énorme surface d'évaporation (tabac haché). Or, on arrive au même résultat dans les appareils à vapeur, avec cette différence que, dans le premier cas, on produit un grand volume d'air infect, que l'on doit désinfecter, tandis que, dans le second cas, il reste un volume très peu considérable de gaz infect.

D'un autre côté, il y a la question des ordures ménagères. Cette question, qui n'est pas encore à l'ordre du jour en France, l'est en Angleterre; la commission de l'assainissement de la Seine s'en préoccupe cependant et M. Coignet lui a fourni il y a six semaines des renseignements sur les appareils employés actuellement en Angleterre. A ce propos, M. Coignet dit à M. Lencauchez qu'il fait erreur : les appareils anglais ne consomment pas de charbon, ils brûlent les ordures ménagères par elles-mêmes. Si cela peut intéresser la Société, M. Coignet fournira le dessin de ces appareils. Il y a une centaine de villes d'Angleterre qui ont des installations de ce genre; il y en a un dans le centre même de Londres, et on en installe encore un second dans un autre quartier de cette ville Ces appareils traitent les ordures ménagères et les consument parfaitement. La dépense est faible : elle varie entre 0 fr. 90 et 1 fr. 75 par tonne d'ordures ménagères, alors que leur

transport coûte, à Paris, 3 fr. 50 ou 4 francs la tonne. M. Coignet croit qu'il y a un grand intérêt à chercher la solution ans cette direction-là.

M. Edmond Coignet s'excuse d'aller un peu à bâtons rompus, mais la communication de M. Lencauchez a touché beaucoup de points.

L'envoi à l'égout de ces matières solides n'est pas sans inconvénient; en fait, à Paris, on met actuellement des paniers à sable qui empêcheraient leur projection. La question est assez complexe. Il n'y a pas beaucoup de sable dans les ordures ménagères, mais il y a moins de cendres qu'en Angleterre, car là on brûle beaucoup de houille, et dans les cendres il reste beaucoup de combustible; il faut savoir si les ordures ménagères contiennent à Paris assez de combustible.

Il y a un autre appareil pour la distillation des feuilles de choux et de toute espèce de légumes : c'est un carbonisateur. Il sert à distiller ces matières, pour en former une espèce de charbon de bois qui se vend à un prix assez élevé. Cet appareil fonctionne; ce n'est pas un simple projet; il existe. En résumé, M. Coignet ne croit pas que la question soit une question de principe entre le *tout à l'égout* et le *non tout à l'égout* : il y a des villes où cette solution est inadmissible. Mais il est convaincu qu'on peut arriver à traiter industriellement ces matières de manière à éviter des foyers d'infection et à fabriquer des engrais que l'agriculture réclamerait.

M. Lencauchez répond à M. Coignet qu'il n'est pas entré dans les détails de la fabrication des engrais, parce que des descriptions d'usines, de machines, de chaudières, etc., l'auraient conduit beaucoup trop loin; puis, après avoir fait remarquer qu'il n'a pas d'intérêts engagés, qu'il n'a pris aucun brevet, et que par conséquent il a toute sa liberté pour traiter les questions dont il s'agit, il dit qu'on peut obtenir une évaporation bien supérieure à celle de 4 kilogrammes d'eau par kilogramme de combustible, indiquée par M. Coignet.

M. Porion, il y a vingt-huit ans, a créé un système d'évaporation qui a donné de très bon résultats pour la fabrication des sels de potasse; il vaporise 14 kilogrammes d'eau par kilogramme de combustible. Ce fait peut paraître fantastique, mais est absolument exact. On se rend d'ailleurs très bien compte que, par le passage d'air chaud à la température de 80°, dans un espace rempli de matières humides, on doit avoir une évaporation très rapide, en considérant qu'il suffit d'un peu de vent pour sécher un linge étendu sur une corde. Si on établit bien les appareils, on arrivera, par ce procédé, à d'excellents résultats.

On a dit : — « Mais vous allez répandre des gaz infects dans l'atmosphère. » C'est une erreur, car les matières ayant été en contact avec de la chaux en même temps que soumises à une distillation, ne peuvent plus donner d'émanations. Il n'y a pas d'ailleurs que ce procédé-là; il existe un appareil qui fonctionne sans chaleur : c'est le filtre-presse.

Enfin M. Lencauchez déclare qu'il considère comme fâcheuse cette « couronne d'épines » qui entoure Paris : il faudrait s'en débarrasser soit par le feu, soit par le lavage ; et si une usine pouvait traiter tout en une seule opération, cela n'en vaudrait que mieux.

Quant à la combustion des ordures ménagères et de la masse de boue qu'elles renferment à Paris et qu'on veut faire brûler, elle étonnerait considérablement M. Lencauchez : Il ne croit pas qu'on puisse faire brûler la boue.

M. Edmond Coignet répond que c'est une question de fait; il existe une centaine de villes d'Angleterre possédant des installations d'appareils qui brûlent les ordures ménagères.

M. Regnard est partisan du *tout à l'égout;* il est allé souvent à Gennevilliers; il n'a vu nulle part des inconvénients qu'on attribue à l'irrigation. Une des difficultés de ce système est l'écoulement trop lent des matières dans les égouts. Cet écoulement se trouve amélioré tous les jours par les travaux, par la plus grande quantité d'eau, et enfin par un fait qui ne paraît pas s'y rattacher, mais qui cependant a aussi une certaine influence: c'est l'emploi du pavage en bois. Les boulevards de Paris, envoyaient, autrefois, une grande quantité de sable à l'égout; depuis le pavage en bois, les égouts où les eaux de ces boulevards se déversent, sont moins obstrués; c'est même ce qui a dû engager les Ingénieurs de la Ville de Paris à paver les rues de Paris en bois. La rapidité d'écoulement des eaux d'égout ne fera que croître avec l'extension de ce mode de pavage.

Au sujet des microbes, M. Regnard n'a pas la prétention d'avoir une opinion sur leur développement; mais, d'après les travaux de M. Pasteur, ils ne sont peut-être pas absolument aussi dangereux dans les eaux d'égout qu'à leur état naturel; s'ils étaient aussi nuisibles à la santé, les vidangeurs devraient tomber comme des mouches, quand il y a des épidémies. Il paraît très probable à M. Regnard que par la dilution dans les eaux d'égout, les microbes sont soumis à une sorte de culture où ils perdent de leur vitalité; il y a peut-être là une inoculation qui produit des phénomènes semblables à ceux de la vaccination: M. Regnard suppose que c'est même cela qui protège les vidangeurs, dans les cas d'épidémie.

Enfin, relativement à l'appareil dont M. Lencauchez nous a entretenus, M. Regnard sait qu'il existe des appareils de cette nature. Il y a trois ans, la commission d'hygiène du III[e] arrondissement a été informée qu'un appareil de ce genre était installé dans les cabinets d'aisances du marché du Temple et avait pour objet de détruire les odeurs nauséabondes dégagées par ces latrines publiques.

M. de Brignac désire poser quelques questions au sujet du procédé de Gennevilliers :

1° La modification de l'eau est-elle une purification véritable, complète, ou bien en partie un filtrage rendant au fleuve une eau claire mais encore plus ou moins malsaine ?

2° Tout au moins, la purification parfaite, certainement possible en principe, n'exigerait-elle pas une surface beaucoup plus étendue, cent fois peut-être, que celle dont on dispose ou pourrait disposer ?

3° Comment fonctionne le procédé lorsque le terrain est inerte, par exemple pendant la gelée, ou le temps beaucoup plus long où la végétation, c'est-à-dire l'action chimique, n'a pas lieu ? Alors, peut-il y avoir autre chose qu'un filtrage ?

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. Trélat qui veut bien se charger de répondre aux questions qui viennent d'être posées.

M. ÉMILE TRÉLAT. — Eh bien ! messieurs, je vais commencer par répondre à M. de Bruignac, bien que ma réponse ne doive être qu'une des nombreuses répétitions que moi ou mes collègues de la Société de médecine publique, M. Durand Claye notamment, nous avons faites ici ou ailleurs.

D'abord, un terrain perméable, sur lequel on répand de l'eau chargée de matériaux organiques, ne filtre pas l'eau. Il l'épure complètement parce qu'il oxyde tout ce qui est oxydable. L'expérience de Gennevilliers est concluante. Il faut aller la voir ; il n'y a rien de plus convaincant que cette expérience, il faut observer ce qui se passe. M. Régnard vient de dire qu'il l'avait vue et qu'il la connaissait...

M. LÉON THOMAS. — Tout le monde la connaît.

M. ÉMILE TRÉLAT. — C'est évident, mais tout le monde peut y aller avec le désir de savoir ce qui s'y passe. Ce n'est malheureusement pas ce que bien des personnes ont fait. Mon Dieu ! Je sais que nous sommes tous plus ou moins esclaves des idées qui se sont établies en nous ; quand nous avons une opinion faite, il nous semble que tout ce qui se montre à nous en est la confirmation. Nous sommes tous sujets à cette maladie C'est comme lorsque nous sortons du collége, si nous avons puisé des des idées classiques, nous ne pouvons plus gagner le champ des idées pratiques, si au contraire, notre jeune âge a été nourri d'idées de faits nous ne sommes plus capables d'avoir plus tard des idées de généralisation. Par conséquent, lorsque je dis qu'on peut aller voir Gennevilliers, si on y va avec un esprit bien dégagé, on reconnaîtra que cette plaine de 600 hectares, qui n'était qu'un désert misérable il y a 20 ans, à l'époque où notre Flachat créait son jardin, où nous y eussions dépensé toute la Seine, sans pouvoir rien y faire pousser ; on reconnaîtra que ce n'est plus ce désert-là aujourd'hui ; je dirai que c'est charmant, la plaine de Gennevilliers ; et, au lieu d'être un lieu infect, un marais, je dirai moi que c'est là un lieu de salubrité et de plaisance.

M. LÉON THOMAS. — On n'a pas dit cela,

M. ÉMILE TRÉLAT. — Notre collègue, votre allié, M. Duverdy, a dit:

« C'est un marais infect. » — Et un autre, M. le Dr Larger a dit aussi : « C'est un marais infect. »

Eh bien ! Gennevilliers n'est pas cela du tout : c'est une plaine où l'eau d'égout qui a *ruisselé* à la surface est recueillie limpide et *purifiée* lorsqu'elle à traversé une épaisseur de sol perméable et poreux de 1m20 ou 1m50. Cette eau n'a alors qu'un défaut, c'est d'être de l'eau trop pure : elle manque d'aération, et il faut la faire flotter un peu dans l'air; car c'est de l'eau excellente. C'est cette eau qui devrait alimenter les villes. Messieurs, je n'exagère pas, c'est le mot de M. Pasteur.

La seconde question me permettra de répondre à M. Thomas; en même temps qu'à M. de Bruignac mais le premier sait bien ce que je veux lui répondre. On demande : Est-ce que le sol ne s'encrasse jamais?

Jamais ! parce que l'appareil ici n'est pas un filtre. Un filtre, qu'est-ce que c'est? C'est une couche d'eau de 1 mètre, 1m 25, qui travaille à passer à travers un fond perméable, composé d'une couche de sable et de cailloux savamment aménagée. L'eau sale, qui a des matériaux en suspension, se débarrasse de ces matériaux solides et elle est claire en bas, mais elle ne s'est pas épurée ; elle est claire. à condition que, le filtre ne soit pas encrassé : ici l'encrassement se produit plus ou moins vite; mais toujours il se produit, parce que les matériaux *encrasseurs* ne peuvent pas s'oxyder, l'élément oxydant, l'air, n'ayant pas accès au fond de nettoyage.

Eh bien ! le fond de Gennevilliers ne fonctionne pas comme cela, C'est ici que je réponds à M. Thomas, qui a dit qu'une mince couche d'eau.....

M. Léon Thomas. — Non, je n'ai pas parlé de Gennevilliers.

M. Émile Trélat. — Aujourd'hui je le veux bien; mais je parle de Gennevilliers ; c'est mon type de démonstration. Ici et nulle part dans nos applications, il n'y a de *couche d'eau* sur le sol. Il y a arrosage. Qu'est-ce que l'arrosage ? C'est le voyage de l'eau en petits canaux de 14 centimètres de largeur, espacés de 1m 50 à 2 mètres, cela dépend de la culture; ce sont de petits canaux parallèles, dans lesquels vous faites couler l'eau d'égout; comme le sol est perméable, l'eau descend en s'épanouissant; et comme le sol est poreux et transversable par l'air, qui pénètre dans ces couches, c'est dans ce voyage d'eau extrêmement divisée et dans sa rencontre avec l'air du sol extrêmement dispersé qu'il se fait une oxydation beaucoup plus parfaite que celle que vous obtenez dans vos laboratoires. Qu'est-ce qui peut s'encrasser ici? Le petit canal? Il reste bien quelquefois un trognon de chou à côté, Qu'est-ce que cela fait ? On cultive ce sol, on y met des betteraves, des pommes de terre, des carottes; puis, quand la récolte est faite, on rebêche la surface du sol,on refait autre part d'autres petits canaux, il n'y a jamais, —questionnez les paysans, ils vous le diront, — jamais d'encrassement. Maintenant,

s'il y a des cultivateurs qui veulent colmater leurs champs, ils font des rigoles beaucoup plus alimentées et plus rapprochées que les autres, c'est une méthode de culture à eux. Mais, l'opération du répandage de l'eau se fait comme je viens de le dire, et il n'y a jamais d'encrassement du sol ; l'expérience en est faite depuis 15 ans.

Maintenant que se passe-t-il pendant les pluies, les orages, les débordements? A à ce moment, Messieurs, le système se repose et laisse le premier rôle au fleuve qui opère ses grands nettoyages. Alors les égouts, les maisons se nettoyent; tout est nettoyé par un procédé de circonstance. Mais où donc est le mal?

M. DE BRUIGNAC. — J'ai demandé aussi des renseignements sur le moment d'inertie de la méthode pendant le froid.

M. ÉMILE TRÉLAT. — Pendant les petites gelées, l'eau d'égout dégèle la terre et l'arrosage est efficace pour l'épuration. Dans les grands froids l'opération est médiocre ou s'arrête s'ils persistent longtemps. Ces circonstances rares pèsent là ce qu'elles pèsent sur toute choses. Il n'y a pas ici matière à un argument contraire au système d'épuration par le sol. Mais je le dis à notre honorable collègue : il faut aller voir Gennevilliers. C'est la grosse question du jour, il faut qu'elle intéresse la Société des Ingénieurs civils.

Les grandes agglomérations sont des fatalités de la civilisation. Elles imposent à la conservation des sociétés des soins particuliers, des nettoyages énergiques. De là des moyens nouveaux : l'ablation hâtive des déjections et l'épuration par le sol. La Société des Ingénieurs civils ne peut pas se désintéresser de ce problème capital. Je demande à M. Thomas de ne pas dire que je suis hygiéniste dans cette enceinte; il y a trente ans que je professe l'hygiène. Je dis que la formule à laquelle on arrive avec les grosses difficultés suscitées par les agglomérations où l'on est les uns sur les autres, la formule à laquelle on arrive — elle est de moi — c'est qu'il faut que la déjection reste le minimum de temps dans la maison et dans la ville; par conséquent, quel que soit le procédé, disons qu'il faut que cela s'en aille rapidement. Suivant nous, l'entraînement doit se faire par beaucoup d'eau, par des canaux largement ouverts, bien aérés, pourvus de pente convenable.

Nous avons toujours dit qu'il fallait faire de bons égouts; il y a deux tiers de bons égouts, à Paris, mais il y en a un tiers à refaire. Il faut expulser de la ville, dans le plus bref délai, les déjections; le meilleur moyen est de ne mettre aucune machine intermédiaire entre le départ et l'arrivée. Si j'ai personnellement à faire une objection aux machines de M. Berlier, c'est qu'il faut un appareil au bas de la maison, une action mécanique artificielle dans la conduite, et une machine au bout, pour faire le vide; je n'accepte pas mieux les fosses du quartier, de M. Lencauchez...

M. LENCAUCHEZ. — Je ne défends pas les fosses de quartier.

M. Émile Trélat. — Je vous le fais dire, alors, nous sommes d'accord.

M. Lencauchez, — Pourquoi ne voulez-vous pas tout envoyer à Gennevilliers?

M. Émile Trélat. — Parce que nous n'avons que 600 hectares. Nous avons beaucoup travaillé, à la Commission d'Assainissement de Paris et nous avons des quantités considérables de terrains, dans ce moment-ci; on va les prendre petit à petit.

Maintenant, voulez-vous me permettre d'ajouter un mot? M. Regnard a mis le doigt sur un point très important : si on veut faire de bons égouts, il ne faut pas les remblayer avec la poussière des voies publiques. La Commission d'Assainissement de Paris a compris qu'il fallait supprimer dans le plus bref délai possible le macadam, à Paris, sous peine de ne plus avoir de bons égouts ; et elle a demandé cette suppression qui a motivé le pavage en bois.

Je termine, Messieurs, en priant M. Thomas de ne plus dire que l'épuration par le sol perd criminellement les richesses d'azote fournies par les capitales. Rien ne peut mieux utiliser ces richesses que le *ruissclage* des eaux d'égouts sur un sol perméable.

M. Léon Thomas. — En ce qui concerne l'utilisation, elle est nulle à Gennevilliers et on y renonce pour Achères.

On insiste toujours, — et c'est une fantasmagorie, — sur les quelques légumes qui poussent à Gennevilliers ; il y a sept mois de l'année où les plantes n'ont pas besoin d'être arrosées et ne prennent rien ; c'est pour cela que, comme à Gennevilliers l'arrosage n'est pas obligatoire, vous allez chercher à Saint-Germain un terrain favorable pour y mettre à toute heure du jour et de la nuit les quantités d'eau colossales qu'une très faible surface de terre a peine à boire.

Je tiens à dire un dernier mot : il n'y a jamais eu d'utilisation agricole sérieuse à Gennevilliers, il y en aura encore moins à Achères, dans la forêt de Saint-Germain.

Avant de lever la séance, M. le Président résume la discussion comme suit :

La discussion très intéressante, qui vient d'avoir lieu, paraît démontrer que les hygiénistes et les ingénieurs, qui se sont occupés de la question, sont à peu près d'accord ;

1° Qu'il convient de laisser séjourner, le moins de temps possible, les immondices dans les villes.

2° Qu'on doit chercher un moyen de transport en tuyaux ou en vases clos.

3° Qu'on doit traiter ou utiliser toutes ces matières sans répandre d'odeur dans l'atmosphère.

4° Qu'en ce moment on commence à incinérer les débris végétaux

des halles et marchés pour en éviter le transport et la fermentation à l'air libre.

Ainsi posée, cette question peut être discutée à nouveau avec beaucoup d'intérêt, et être amenée à des solutions pratiques.

MM. Doux, Laur, Falgairolle et Nillus ont été reçus membres sociétaires et M. Mialane membre associé.

La séance est levée à 11 heures 1/4.

Séance du 19 février 1886.

PRÉSIDENCE DE M. HERSENT

La séance est ouverte à huit heures et demie.

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. Jules Garnier qui désire présenter quelques observations sur le procès-verbal de la séance du 5 février.

M. JULES GARNIER dit qu'il regrette plus que personne de s'être laissé aller, à propos de la mort de son malheureux ami, M. Watrin, à traiter une question d'affaires, une question de tarifs. Mais il tient à ajouter qu'il lui avait paru absolument naturel de rechercher les causes de ce douloureux événement, ailleurs que dans le caractère de M. Watrin où l'on ne peut les rencontrer. Il lui avait semblé que si la Société des Ingénieurs civils, qui renferme des personnes autorisées à tous les points de vue, avait pu déterminer ces causes avec une certaine exactitude, il eût peut-être été possible, dans l'avenir, de prévenir de pareils faits, dont les conséquences sont toujours redoutables. La Société n'eût-elle pas rempli de la sorte une tâche philanthropique au plus haut point?

M. JULES GARNIER signale que, dans les recherches qu'il a faites sur les tarifs de chemins de fer, recherches qui lui ont paru avoir rapport à ce malheureux événement, il s'est glissé trois erreurs de transcription. Mais ces erreurs n'enlèvent absolument rien au raisonnement qu'il a eu l'honneur de tenir dans la dernière séance, ainsi qu'on peut en juger par le tableau ci-dessous qui comporte les rectifications et quelques nouveaux chiffres :

				Par tonne et par kilomètre	
Bordeaux à Limoges	225 k.	pour les	anglais.	8.50	0.037
Decazeville à Limoges (par l'Orléans)	218 k.	—	français.	8.25	0.037
Decazeville à Limoges (par l'Etat)	233 k.	—	—	7 »	0.030
Bordeaux à Périgueux.	125 k.	—	anglais.	3.50	0.027

				Par tonne et par kilomètre
Décazeville à Périgueux. . . .	188k.	—	français.	6.50	0.034
Bayonne à Tarbes	166k.	—	anglais.	8.70	0.0525
Decazéville à Tarbes.	330k.	—	français.	15.25	0.0462
Bordeaux à Pamiers.	321k.	—	anglais.	12.65	0.035
Decazeville à Pamiers	238k.	—	français.	11.50	0.053
Decazevile à Cette	289k.	—	anglais.	16.90	0.059

M. Jules Garnier ignorait, il y a quelques jours, et vient d'apprendre que la Compagnie d'Orléans était allée au-devant de ses désirs, en proposant d'abaisser de 17 % le tarif de Limoges et de 23 % celui de Bordeaux à Périgueux.

En second lieu, M. le Ministre des travaux publics a déclaré, le 12 février dernier, qu'il avait obtenu de la Compagnie d'Orléans une réduction de 2 francs sur le prix de transport des houilles de l'Aveyron à Bordeaux, fixé auparavant à 8 fr. 50. Une dépêche du préfet de l'Aveyron, qui vient de paraître aujourd'hui dans les journaux, annonce qu'aussitôt que cet abaissement de tarif a été porté à leur connaissance, les populations ouvrières de ce département ont montré beaucoup plus de calme.

Enfin, on a expliqué que le tarif réduit, pour le transport des houilles anglaises de Bordeaux à Périgueux, était le résultat de la concurrence des voies d'eau. C'est là un nouvel argument que pourront faire valoir, à l'appui de leur dire, les personnes qui soutiennent qu'il faut se préoccuper beaucoup, en France, d'améliorer les canaux et les voies fluviales. Rien n'empêcherait de se servir, pour le transport des houilles de l'Aveyron, de la rivière le Lot, qui traverse en partie et côtoie ce département: les charbons de Decazeville, en particulier, n'emprunteraient le chemin de fer que sur un parcours de 9 kilomètres, pour rejoindre cette rivière qui les conduirait ensuite à Bordeaux dans de bonnes conditions. L'Etat a dépensé 22 millions pour donner au Lot une profondeur minima de 0 m. 80; il est vrai que les écluses y sont très nombreuses.

On a dit également que les houilles du bassin de l'Aveyron avaient à lutter beaucoup plus contre d'autres houilles françaises, que contre les houilles anglaises. Cette assertion est loin d'être exacte en général; elle n'est vraie que dans quelques cas particuliers, et pour des raisons spéciales ou locales, à Limoges, par exemple, où la consommation des houilles anglaises s'abaisse à 16 0/0, grâce à la proximité des gisements d'Ahun qui fournissent d'excellent combustible pour la cuisson de la porcelaine. La ville de Limoges est d'ailleurs placée de façon à recevoir aussi facilement les houilles du bassin de l'Aveyron et des districts de Saint-Éloi et de Commentry, que les houilles anglaises qui viennent de Bordeaux.

Autre part, c'est le contraire qui a lieu, et, pour ne citer qu'un exemple, dans la Gironde la consommation des houilles françaises n'est que

de 33,000 tonnes contre 362,000 tonnes de houilles anglaises, soit 8 0/0 de charbons français et 92 0/0 de charbons anglais.

Les chemins de fer français emploient, par an, 3,200,000 tonnes de houille environ; la statistique de 1883 accuse, comme proportions relatives, 69 0/0 de houilles françaises et 31 0/0 de houilles anglaises.

La marine de l'Etat, il faut le reconnaître, ne fait usage, dans les ports de France, que de combustibles français; dans les pays éloignés, elle se sert de charbons étrangers; et l'on ne saurait l'en blâmer, car les approvisionnements en charbons français seraient souvent fort difficiles.

Par contre, la marine subventionnée, c'est-à-dire les Messageries, etc., emploient exclusivement des charbons anglais.

En résumé, sur les 32 millions et demi de tonnes de houille que la France consomme par an, 11 millions, c'est-à-dire le tiers, proviennent de l'étranger. C'est là une proportion très considérable. M. J. Garnier estime que, dans un pays comme le nôtre, qui souffre en ce moment d'une crise industrielle, on doit faire les plus grands efforts pour ne pas emprunter à l'étranger ces 11 millions de tonnes de charbon, alors que l'on peut trouver en France, en quantité suffisante, toutes les qualités de houille dont l'industrie française peut avoir besoin.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Jules Garnier de ses observations, qui seront insérées au procès-verbal, et donne la parole à M. Deharme pour une rectification au procès-verbal de la dernière séance.

M. DEHARME dit que le journal *le Temps*, du 9 février courant, a publié le compte rendu d'une communication faite, le 5 février, à la Société des ingénieurs civils, au sujet des récents événements de Decazeville, par M. Jules Garnier.

D'après l'auteur de cette communication, la situation difficile de l'industrie houillère de l'Aveyron devrait être attribuée, pour une certaine part, aux tarifs de transport des Compagnies d'Orléans et du Midi, qui auraient été établis tout à l'avantage des charbons anglais.

Il suffit, pour faire justice de cette assertion, de rapprocher les tarifs perçus des distances parcourues par la houille :

1° Bordeaux à Limoges (Anglais) 218 kil. 8 fr. 25, soit par kil. 0 fr. 037.
Decazeville à Limoges (Français) 225 — 8 fr. 50, — 0 fr. 037.

Les houilles anglaises venant de Bordeaux et les houilles françaises produites par Decazeville paient le même prix par kilomètre; elles sont donc sur un pied de parfaite égalité.

A Limoges, d'ailleurs, ce n'est pas la taxe de 8 fr. 25, prélevée par Orléans, qu'il y a lieu de prendre pour point de comparaison, mais bien celle de 7 francs perçue par application des tarifs du chemin de fer de l'État, entre Tonnay-Charente et Limoges, prix qui s'abaisse à 5 fr. 82 pour les briquettes fabriquées à Tonnay-Charente avec des menus anglais. — La taxe perçue pour 233 kil. parcourus représente

Décazeville à Périgueux	188k.	—	français
Bayonne à Tarbes	166k.	—	anglais
Decazéville à Tarbes	330k.	—	franç
Bordeaux à Pamiers.	321k.	—	an
Decazeville à Pamiers	238k.	—	f
Decazevile à Cette	289k.	—	

M. Jules Garnier ignorait, il y a quelques
que la Compagnie d'Orléans était allée au-d
posant d'abaisser de 17 % le tarif de I
Bordeaux à Périgueux.

En second lieu, M. le Ministre des
février dernier, qu'il avait obtenu d
tion de 2 francs sur le prix de tr
Bordeaux, fixé auparavant à 8 fr.
qui vient de paraître aujourd'h
que cet abaissement de tarif
lations ouvrières de ce d
calme.

Enfin, on a expliqué
anglaises de Bordeaux
des voies d'eau. C'
à l'appui de leur d
cuper beaucoup,
Rien n'empêch
ron, de la ri
les charbon
de fer qu
qui les
a dép
0 m

Dordog
on paie 6 fr.
tarif très faible.
concurrence de la batellerie
ne paie que 3 fr. 50 pour 127
aient encore une taxe plus faible
ils soumis l'an dernier par la Compagnie d'Orléans à
cation ministérielle, on remarque que :
taxes de Decazeville sur Limoges sont abaissées de 8 fr. 50 à
10, soit de 17 0/0.
Celles de Decazeville à Périgueux sont réduites de 6 fr. 50 à 5 fr.,
soit de 23 0/0.

Les houillères jouiront de ces réductions aussitôt que le Ministre en aura autorisé l'application.

Ce n'est pas la première fois que des assertions analogues à celles dont M. Garnier s'est fait l'écho, se sont produites. En 1879, les houillères françaises élevèrent les mêmes plaintes touchant les tarifs appliqués par la Compagnie du Midi en faveur des charbons anglais. La Compagnie du Midi se déclara prête à en demander l'abrogation. — Mais les Chambres de commerce s'y opposèrent; celle de Castres donna pour raison « que si, pour une cause quelconque, les houillères » françaises de la région ne pouvaient alimenter son industrie, il était » utile que le tarif P n° 16 assurât le transport des houilles anglaises » de Bordeaux à de bonnes conditions. »

d'accord avec le Comité consultatif, refusa de supprimer
tion.

on pourrait invoquer (disait-il dans sa réponse à
serait tiré du besoin « de protéger nos houil-
nce des charbons anglais qui entrent en France
men comparatif des divers éléments des
que les charbons anglais n'ont sur les
position, aucun avantage marqué sur
principaux bassins houillers, tels que

duisent à la même conclusion ;
s de charbons arrivés à Bor-
r cette ville, d'où il résulte
s quatorze départements
s. ces quatorze départe-
ent 873.000 tonnes de com-
ger quel faible appoint fournis-

eurs est donc à peu près hors de cause.
ont, au contraire, tout avantage à ce que la
possible et prévienne des élévations de prix pré-
aux nombreuses industries qui ont besoin de charbons à
x. »

Cet historique ne manque pas d'intérêt et méritait d'être reproduit.

M. Jules Garnier répond qu'il a déjà fait lui-même les rectifications que M. Deharme vient de présenter.

M. Henry Mathieu demande la parole pour un rappel au règlement : L'article 78 du règlement dit : « Nul n'a le droit de reproduire les discussions de la Société sans une autorisation du Bureau. »

Or, le Bureau n'a pas été consulté au sujet de la reproduction du procès-verbal de la dernière séance ; aussi, M. Mathieu a-t-il été surpris de trouver dans le numéro du 9 février du journal *le Temps*, un compte rendu de cette séance, renfermant des détails très complets sur les questions qui y ont été traitées. On a déjà signalé, à plusieurs reprises, les inconvénients de ces reproductions en dehors de la Société. M. Mathieu constatant que, malgré cela, ces publications continuent à se faire, demande le rappel absolu au règlement.

M. Jules Garnier dit qu'il n'avait pas connaissance de cet article du règlement. Il regarde, d'ailleurs, comme plus grave de présenter à la Société — ainsi que M. Deharme vient de le faire — une note déjà publiée par la presse, que de faire paraître, dans les journaux, un article relatif à des questions traitées en séance.

M. Henry Mathieu répond que la note lue par M. Deharme n'est pas autre chose qu'une réponse d'une Compagnie de chemins de fer aux attaques dirigées contre elle devant la Société, par M. Jules

seulement 0 fr. 030 et 0 fr. 024 pour les briquettes, taxe inférieure de 20 0/0 à celle de Bordeaux à Limoges.

C'est bien moins, d'ailleurs, contre la concurrence anglaise que se débattent les houillères de l'Aveyron que contre celles des mines d'Ahun, de Saint-Éloi et de Commentry, beaucoup plus rapprochées de Limoges. — En fait, cette ville a reçu, en 1885, 42.000 tonnes de charbon français, dont 16.000 tonnes du bassin de l'Aveyron, et 8.000 tonnes seulement de charbons anglais.

2° De Bayonne à Tarbes la longueur n'est pas de 197 kilomètres, et le prix n'est pas de 5 francs ; on compte :

Bayonne à Tarbes, 166 kil. (série spéciale). . . . . 8 fr. 70.
Decazeville à Tarbes, 330 — (D.14PO. et série spéciale Midi) 15 25
ce qui fait ressortir :

Pour la houille anglaise, un tarif de 0 fr. 052
et pour la houille française — de 0 fr. 046 par tonne et par kil.

Il est donc bien injuste de dire encore sur ce point que les produits anglais sont favorisés.

3° Périgueux est alimenté par les charbons de l'Aveyron et par les houilles anglaises en provenance du port de Bordeaux et empruntant le chemin de fer ou les voies navigables : la Dordogne et l'Isle.

De Decazeville à Périgueux, pour 188 kil. on paie 6 fr. 50, soit un prix de 0 fr. 034 par kil.; c'est un tarif très faible.

De Bordeaux à Périgueux, la concurrence de la batellerie a conduit à une taxe plus réduite ; on ne paie que 3 fr. 50 pour 127 kil.; mais les charbons anglais paient encore une taxe plus faible sur la voie d'eau.

Dans les tarifs soumis l'an dernier par la Compagnie d'Orléans à l'homologation ministérielle, on remarque que :

Les taxes de Decazeville sur Limoges sont abaissées de 8 fr. 50 à 7 fr. 10, soit de 17 0/0.

Celles de Decazeville à Périgueux sont réduites de 6 fr. 50 à 5 fr., soit de 23 0/0.

Les houillères jouiront de ces réductions aussitôt que le Ministre en aura autorisé l'application.

Ce n'est pas la première fois que des assertions analogues à celles dont M. Garnier s'est fait l'écho, se sont produites. En 1879, les houillères françaises élevèrent les mêmes plaintes touchant les tarifs appliqués par la Compagnie du Midi en faveur des charbons anglais. La Compagnie du Midi se déclara prête à en demander l'abrogation. — Mais les Chambres de commerce s'y opposèrent ; celle de Castres donna pour raison « que si, pour une cause quelconque, les houillères » françaises de la région ne pouvaient alimenter son industrie, il était » utile que le tarif P n° 16 assurât le transport des houilles anglaises » de Bordeaux à de bonnes conditions. »

Le Ministre, d'accord avec le Comité consultatif, refusa de supprimer ce tarif d'importation.

L'unique motif qu'on pourrait invoquer (disait-il dans sa réponse à la Compagnie du Midi) serait tiré du besoin « de protéger nos houil-» lères contre la concurrence des charbons anglais qui entrent en France » par Bordeaux. Or, l'examen comparatif des divers éléments des » prix de revient démontre que les charbons anglais n'ont sur les » marchés qu'intéresse votre proposition, aucun avantage marqué sur » les charbons provenant de nos principaux bassins houillers, tels que » Carmaux et Graissessac.

» Les relevés de la statistique conduisent à la même conclusion; » car ils indiquent que, sur 265.000 tonnes de charbons arrivés à Bor-» deaux, 236,000 tonnes sont absorbées par cette ville, d'où il résulte » que 30.000 tonnes à peine pénètrent dans les quatorze départements » desservis par votre réseau. Comme, d'ailleurs, ces quatorze départe-» ments, y compris Bordeaux, consomment 873.000 tonnes de com-» bustible minéral, il est facile de juger quel faible appoint fournis-» sent les charbons anglais.

» L'intérêt de nos producteurs est donc à peu près hors de cause. » Les consommateurs ont, au contraire, tout avantage à ce que la » concurrence reste possible et prévienne des élévations de prix pré-» judiciables aux nombreuses industries qui ont besoin de charbons à » bas prix. »

Cet historique ne manque pas d'intérêt et méritait d'être reproduit.

M. Jules Garnier répond qu'il a déjà fait lui-même les rectifications que M. Deharme vient de présenter.

M. Henry Mathieu demande la parole pour un rappel au règlement:

L'article 78 du règlement dit : « Nul n'a le droit de reproduire les discussions de la Société sans une autorisation du Bureau. »

Or, le Bureau n'a pas été consulté au sujet de la reproduction du procès-verbal de la dernière séance ; aussi, M. Mathieu a-t-il été surpris de trouver dans le numéro du 9 février du journal *le Temps*, un compte rendu de cette séance, renfermant des détails très complets sur les questions qui y ont été traitées. On a déjà signalé, à plusieurs reprises, les inconvénients de ces reproductions en dehors de la Société. M. Mathieu constatant que, malgré cela, ces publications continuent à se faire, demande le rappel absolu au règlement.

M. Jules Garnier dit qu'il n'avait pas connaissance de cet article du règlement. Il regarde, d'ailleurs, comme plus grave de présenter à la Société — ainsi que M. Deharme vient de le faire — une note déjà publiée par la presse, que de faire paraître, dans les journaux, un article relatif à des questions traitées en séance.

M. Henry Mathieu répond que la note lue par M. Deharme n'est pas autre chose qu'une réponse d'une Compagnie de chemins de fer aux attaques dirigées contre elle devant la Société, par M. Jules

Garnier, et répétées par le journal *le Temps*. C'est l'article de ce journal qui a provoqué cette réponse. S'il n'y avait pas eu d'indiscrétion commise par *le Temps*, la note en question n'aurait pas été produite. (*Applaudissements.*)

M. Hauet demande la clôture de l'incident et l'ordre du jour.

M. Jules Garnier désire ajouter un seul mot : il déclare que ses paroles ont été mal interprétées, et que les observations qu'il a présentées dans la dernière séance, ne constituent pas des « attaques », comme l'a dit M. Mathieu, mais bien un simple historique. Il pense qu'il n'a eu qu'un seul tort, — qu'il s'empresse d'ailleurs de reconnaître, — c'est d'avoir laissé passer, dans les chiffres qu'il a donnés, des erreurs de transcription qui ne venaient pas de lui.

M. Reymond ne connaît pas l'article du règlement qui vient d'être cité, mais il croit que ce serait aller trop loin que d'empêcher, d'une manière absolue, la publication dans les journaux, des communications faites à la Société. Il pense qu'on doit avoir toute latitude de livrer à la presse les questions traitées en séance, ainsi que les discussions, lorsqu'elles ont été insérées au procès-verbal, et que le procès-verbal a été adopté.

M. Henry Mathieu répond que l'article du règlement est positif et qu'il n'a pas à l'interpréter dans l'espèce ; ce soin appartient au Bureau.

M. Max de Nansouty croit que l'on fait une fausse et regrettable interprétation de l'article 78 du règlement. Cet article porte qu'on ne doit pas reproduire les discussions de la société, c'est-à-dire, qu'on ne doit pas répéter ou imprimer *ailleurs que dans le Bulletin* que Monsieur X... ou Monsieur Y. . ont dit ceci ou cela. Mais, si l'on entendait le texte de cet article dans le sens qu'il est défendu de parler, dans les journaux, des sujets techniques, scientifiques, industriels ou économiques qui ont été traités et discutés devant la Société, ce serait, suivant M. de Nansouty, imposer un bâillon aux orateurs et apporter une restriction grave au droit indiscutable des écrivains. (*Applaudissements.*)

M. Jules Garnier répète qu'il ne connaissait pas cet article du réglement, et qu'il ne pouvait s'imaginer que la Société fût à ce point fermée. Il lui semble qu'un orateur est absolument dans son droit, lorsque, sans nommer personne, il fait connaître sa manière de voir dans un journal.

M. le Président dit qu'il est nécessaire que tout le monde se conforme au règlement. Si la Société le juge mal fait, elle peut le modifier, mais, jusque-là, il convient de le respecter.

M. Eiffel estime que le règlement est bien fait et qu'il n'y a pas lieu de le modifier.

M. Reymond demande si, en dehors de toute question de règlement, il est possible d'admettre et si M. J. Garnier admet qu'on puisse livrer aux journaux, pour y être reproduit *in extenso*, un passage d'un pro-

cès-verbal, avant que l'approbation en ait eu lieu. M. Garnier reconnaîtra que ce n'est pas possible.

M. Jules Garnier répond qu'il n'a publié que ses propres paroles, sous le couvert de sa signature.

M. Reymond ajoute qu'il pense, par contre, que lorsqu'une Société quelconque a adopté le compte rendu d'une de ses séances, tout le monde a le droit de reproduire ce compte rendu dans les journaux ; il serait, d'ailleurs impossible d'empêcher cette reproduction, puisque les bulletins de la Société circulent dans le public.

En résumé, ce qui doit être interdit, c'est de publier un passage d'une discussion avant l'approbation du procès-verbal *(applaudissements)*.

M. le Président déclare qu'il y a lieu de clore cet incident que chacun peut maintenant apprécier; puis il donne la parole à M. Coignet au sujet du procès-verbal.

M. Coignet n'avait pas entendu, dans la dernière séance, un mot prononcé par M. Lencauchez : dans une réponse aux observations de M. Coignet, M. Lencauchez a dit que, n'étant pas breveté et n'ayant pas d'intérêts engagés, il avait toute sa liberté, pour traîter les questions dont il s'agissait. M. Coignet pense bien que M. Lencauchez n'a pas voulu tirer de là un argument de discussion.

M. Quéruel dit que, le 25 juillet dernier, il avait écrit à M. de Comberousse,une lettre relative à la question du *tout à l'égout*. Cette lettre dont la lecture avait été remise à la première séance où serait traité ce sujet, a été, parait-il, égarée. M. Quéruel ajoute qu'il va la reproduire, et demande qu'elle soit insérée dans le prochain procès-verbal.

M. le Président répond qu'il examinera la question.

M. Delfosse signale qu'on a annoncé, par erreur, dans le dernier compte rendu, une note sur le *rôle de la meule à émeri dans le travail des métaux* comme ayant été offerte à la Société par M. Delafosse, c'est Delfosse qu'il faut lire.

Après les additions et rectifications qui précèdent, le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. le Président donne la parole à M. Gouilly pour qu'il expose ses *considérations générales sur le mode d'action des hélices propulsives et leur construction*.

M. Gouilly rappelle que, l'année dernière, M. de Bruignac a présenté à la Société, un travail sur la théorie des hélices propulsives ; ce travail a été discuté ici et a reçu les éloges qu'il mérite. M. Gouilly ne renouvellera pas la discussion. Cependant, il pense que la Société voudra bien lui accorder la parole pour dire quelques mots sur un point particulier de la question : il croit qu'on n'a pas étudié avec assez d'attention les phénomènes hydrauliques qui se passent autour de l'hélice.

M. Gouilly appelle l'attention sur deux choses : d'abord il ne fait que généraliser une expérience qui est connue de tout le monde ; ensuite, il a eu la chance de trouver un observateur qui a, en partie, pensé les mêmes choses que lui, ce qui lui donne une certaine confiance pour les exposer.

L'expérience dont il s'agit est celle du mouvement d'une plaque dans un liquide. Supposons que la plaque ait un mouvement de translation rectiligne, perpendiculaire à sa surface. Chacun sait qu'il se forme des courants latéraux à la plaque, et que, soit à l'avant, soit à l'arrière, il y a des régions où le liquide a un mouvement lent et désordonné, et enfin que le liquide qui est dans ces régions ne participe nullement au mouvement des filets latéraux. Ce sont les courbures des filets qui expliquent l'augmentation de pression à l'avant et la diminution de pression à l'arrière de la plaque. Pour analyser ce phénomène, il faut considérer les forces dites *centripètes*, produisant la courbure des filets, et par conséquent il faut attacher une grande importance à la forme générale de ces filets, si l'on veut prévoir les variations de pressions créées sur la plaque par le liquide.

Ces pressions ont été étudiées dans des expériences peu nombreuses et dans des conditions de vitesse très peu variables. Pour une petite vitesse, on a trouvé que, sur la face pressante, c'est-à-dire dirigée du côté du mouvement, le coefficient qu'il faudrait employer devant $\frac{V^2}{2g}$ est égal à 1,19, et, sur la face aspirante, c'est-à-dire celle qui est dirigée en sens contraire du mouvement, le coefficient égale 0,67 ; au total 1,86. Dans le cas d'un liquide en mouvement et d'une plaque au repos, le coefficient total se réduit à 1,43.

M. Gouilly a pensé que, dans l'étude de l'hélice, on devait se préoccuper des courants latéraux qui doivent se former autour de l'aube. Considérons un élément d'aube dont la directrice est située sur un cylindre de rayon r, et concentrique à l'axe de l'hélice. Soient n, le nombre de tours de l'axe par seconde, v la vitesse de translation de l'axe et par suite du bateau, V, la vitesse relative de l'eau par rapport à l'élément, ou de l'élément par rapport à l'eau supposée au repos. La vitesse de rotation $2\pi r n$, v et V forment un triangle rectangle, dont V est l'hypoténuse. Si, par les extrémités de l'élément, on mène des parallèles à V, on obtiendra le sillon géométrique engendré par l'élément de l'hélice dans son mouvement autour de l'axe.

Par suite du déplacement de l'élément d'hélice, il se forme des courants latéraux orientés, d'une manière générale, dans le sens du sillon. Sur la face pressante de l'élément, les courants tournent leur convexité vers l'élément, ce qui correspond à une augmentation de pression de ce côté. Sur la face aspirante de l'élément, les courants tournent, en général, leur concavité vers l'élément, ce

qui correspond à une diminution de pression de ce côté. On retrouve ici, dans son ensemble, le phénomène qui a lieu quand la vitesse relative de la plaque est perpendiculaire à sa surface. Mais comment évaluer la pression normale à l'élément produite dans le cas où la plaque est oblique par rapport à la direction de son mouvement?

On pourrait imaginer que c'est une certaine fonction de l'angle θ, que fait la vitesse relative V de l'eau avec la normale à l'élément. Il faudrait des expériences pour déterminer cette fonction. Mais on connaît deux valeurs très caractérisées de cette fonction. Il est évident, que si l'angle θ etait nul, on retomberait sur le phénomène où la vitesse de la plaque est normale à sa surface, et alors le coefficient devrait être l'un de ceux, dont M. Gouilly a parlé précédemment, pris dans les conditions de vitesse où l'expérience a été faite. Il y a encore une autre valeur de la fonction de θ qui est connue; si on suppose $\theta = 90$ degrés, l'élément de l'hélice décrira un sillon sans épaisseur, il se déplacera suivant la vitesse relative de l'eau et dans son plan. Les courants latéraux seront parallèles aux deux faces, et il n'y aura d'autre pression sur les faces que celle des filets, la même des deux côtés, vu la symétrie. La valeur du coefficient serait 0. Voilà deux points certains, en dehors de toute critique,

Voici donc ce que M. Gouilly croit devoir signaler : c'est qu'il se forme des courants latéraux et que c'est aux courbures de ces courants qu'il faut attribuer la pression sur l'aube. Le phénomène de la pression de l'eau sur l'aube d'une hélice n'est pas celui de la pression de l'eau sur l'aube d'une turbine ou sur l'aube d'une roue. L'eau produit une pression dans des circonstances très variées; dans chaque cas, il faut se préoccuper du mode d'action du fluide. Pour l'hélice, il y a lieu de tenir compte de la courbure des courants qu'elle détermine autour de ses aubes dans son mouvement.

M. Gouilly dit qu'il a fait entrer dans sa note quelques formules qui n'ont qu'un intérêt secondaire. Il fait remarquer rapidement les conséquences du mode d'action de l'hélice qu'il vient de décrire.

La direction oblique des courants latéraux indique quelle doit être la forme générale du sillage.

En 1862, M. Savy, lieutenant de vaisseau, a fait de nombreuses observations en vue d'étudier le *recul vrai* et le *recul apparent*. Au cours de ses expériences, il a pu voir, mais incomplètement, les courants latéraux dont il vient d'être question. En regardant le mouvement de l'hélice dans une eau tranquille, il a pu profiter de certains jeux de la lumière et remarquer, près des arêtes de l'aube, les portions des courants qui les contournent.

Il a constaté des effets centrifuges qu'il a décrit avec beaucoup de précision, surtout quand il parle de ceux qui se manifestent aux extrêmités des aubes. Il attribuait à ces mouvements centrifuges la

plus grande partie des vibrations dont l'aube est l'objet, et qui ont un effet désastreux sur sa stabilité.

Eh bien ! ces effets centrifuges, s'il fallait imaginer simplement que les molécules liquides circulent en glissant directement sur les faces de l'aube, il n'y aurait pas moyen de les expliquer. Pour les calculer, il faudrait joindre aux forces appliquées à chaque molécule, les forces fictives ou apparentes qui entrent dans le calcul des mouvements relatifs, et, dans ce calcul, on trouverait que ces forces n'auraient aucun effet appréciable sur le mouvement des molécules constituant les courants latéraux, parce que celles-ci passent très rapidement dans le voisinage de l'aube. En conséquence, il ne faut pas se préoccuper des effets centrifuges sur les filets constituant les courants latéraux. C'est par fraction de seconde qu'il faut mesurer le temps du passage d'une molécule liquide près de l'aube, quand elle est entraînée par les courants.

Mais alors, comment constater les effets centrifuges auxquels sont attribuées, en grande partie, les vibrations de l'hélice ? Avec les explications que donne M. Gouilly, on peut s'en rendre compte. Les courants latéraux constituent, comme une gaîne où se forment les remous ; les molécules qui s'y trouvent, restent en contact avec l'aube un temps suffisant pour que leur mouvement centrifuge soit non seulement appréciable, mais relativement considérable.

Maintenant, quelle est la meilleure forme à donner à l'aube ? La meilleure forme à donner à l'élément de l'aile serait la forme rectiligne. C'est peut-être singulier, mais M. Gouilly avoue qu'il ne croit pas du tout au *pas d'entrée* et au *pas de sortie*. Du reste, il a pu constater, comme tout le monde, que les constructeurs évitent le plus souvent les pas d'entrée et les pas de sortie. Quel serait le but du pas d'entrée ? Ce serait de donner au premier élément de l'aube la direction de la vitesse V, vitesse relative de l'eau, de manière que l'eau arrivât sans choc sur la surface de l'hélice. Le pas de sortie aurait, soi-disant, pour but de laisser échapper l'eau sans vitesse. Or, on n'a rien pour rien ; il est certain qu'il faut perdre un certain travail pour en recueillir un autre. Ici, il faut créer, par le mouvement de l'aube, les courbures qui, par l'intermédiaire des remous inévitables, détermineront l'augmentation de pression sur la face pressante, et la diminution de pression sur la face aspirante.

Par conséquent il faut, sans songer aux remous, faire ce qu'on pourra pour augmenter, exagérer la convexité des filets sur la face pressante, et la concavité des filets sur la face aspirante.

L'arête *entrante* devra être tranchante ; de plus, il serait bon que le biseau qu'elle présente fût incliné de manière à augmenter la convexité des filets sur la face pressante, en gênant les filets dans leur passage de la face pressante à la face aspirante. M. Gouilly est encore d'accord ici avec M. Savy, qui avait donné ce conseil.

Ce dernier avait fixé pour le biseau un angle variant entre 11 et 14

degrés, mais M. Gouilly ne saurait donner là-dessus une opinion qui ait quelque valeur puisque le grand *desideratum* est la fonction de l'angle θ, nécessaire pour permettre un calcul des éléments de l'aube. L'arête *sortante* aussi sera vive, mais le biseau fera un angle plus petit que l'angle obtus formé par la vitesse V. et l'élément de l'aube.

Afin de faciliter, vers l'arête sortante le passage des molécules d'une face à l'autre de l'élément, M. Savy conseillait d'arrondir cette arête. Ses considérations étaient presque géométriques, et il n'a pas continué à étudier les phénomènes hydrauliques qu'il avait aperçus, de sorte qu'il en tire des conséquences qui ne sont pas toutes d'accord avec l'expérience fondamentale qui guide M. Gouilly. Il conseille d'arrondir l'arête sortante, parce que, pour lui, les moécules liquides glissent sur la face pressante de l'aube.

Au contraire, il faut la rendre vive, puisqu'il ne faut pas faciliter le passage de l'eau d'une face à l'autre.

L'autre conséquence à laquelle est arrivé M. Savy, était de mettre sur la surface aspirante une poupe. Il conseillait de remplir l'espace des remous, et dans le doute où il était de la forme des filets, il pensait la trouver en armant préalablement l'aube de sacs dans lesquels on mettrait une matière plastique qui prendrait la forme des remous. Il est évident qu'une poupe est inadmissible. Pourquoi ne pas conseiller également une proue? On sait que l'effet de la proue et de la poupe est de diminuer le coefficient qu'il faut mettre devant $\frac{V^2}{2g}$ pour évaluer la pression produite par le mouvement d'une plaque. Mais précisément ce qu'il faut, c'est que la somme de l'augmentation de pression sur la face pressante et de la diminution de pression sur la face aspirante soit aussi grande que possible. D'ailleurs, l'emploi d'une poupe rendrait l'hélice défavorable dans le cas de la marche arrière.

Ces considérations sur cette forme des courants permet de se rendre compte d'un fait qui a été signalé ici : la nécessité de limiter le nombre des aubes d'une hélice. Ce fait a une grande importance puisque, si on donne un trop grand nombre d'aubes, la mer se charge de faire la séparation des éléments inutiles.

Supposons développé l'élément de cylindre du rayon r, sur lequel se trouvent tracées les différentes directrices des éléments correspondants de l'hélice.

Considérons un certain nombre d'éléments d'hélice, 4 par exemple. Si on y rapporte les courants latéraux qui se forment autour de chacun d'eux, on voit, qu'il faut nécessairement, de l'un à l'autre, un espace fort difficile à calculer afin de séparer les courants. Si les courants pouvaient être gênés les uns par les autres, il pourrait arriver que les filets à forte pression d'une face pressante soient rejetés sur les filets de la face aspirante voisine, ou bien le contraire, et il en résulterait des variations brusques de pression sur les faces des aubes.

Ces variations de pressions sont considérables, et elles ne nuiraient pas seulement au bon fonctionnement du propulseur, mais encore à sa stabilité.

Il est encore possible d'expliquer un autre fait qui a été également signalé ici : c'est celui de la limite de force de propulsion que l'on peut atteindre avec une hélice et un navire donnés. Ce fait a déjà été signalé à M. Gouilly par différents ingénieurs, et on pourrait s'en rendre compte de la façon suivante : Étant donnés un navire et une hélice propulsive, si l'on arrivait, quelle que fût l'augmentation de la force motrice employée, à un moment où il n'y aurait aucune augmentation de la vitesse de propulsion, cela reviendrait à supposer qu'il y a une limite de v, et pas de limite de vitesse de rotation. Le sillon serait perpendiculaire à l'axe de l'hélice. Il en résulterait que les courants tendraient à être symétriques relativement aux aubes, et cette symétrie ferait qu'il n'y aurait tendance à aucune variation de pression, et par suite qu'il n'y aurait pas de propulsion.

Voilà les quelques réflexions que M. Gouilly a eu l'honneur de présenter. Il ajoute qu'il n'a fait aucune hypothèse sur la fonction de θ, bien que, dans les quelques essais qu'il a pu faire, il ait trouvé une fonction qui concorde assez bien avec certaines données que des ingénieurs spéciaux lui ont fournies. Il croit que ces considérations sur les courants qui se produisent latéralement à l'hélice seront utiles pour expliquer les grandes qualités et les quelques défauts de cet appareil propulseur, dont l'utilité et la commodité ne font évidemment doute pour personne.

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. de Bruignac qui désire présenter quelques observations sur la note de M. Gouilly.

M. DE BRUIGNAC commence par remercier M. Gouilly de la courtoisie avec laquelle il s'est exprimé au sujet de son étude, et d'avoir bien voulu lui donner communication préalable de sa note. Il constate, avec une grande satisfaction, leur accord sur beaucoup de points.

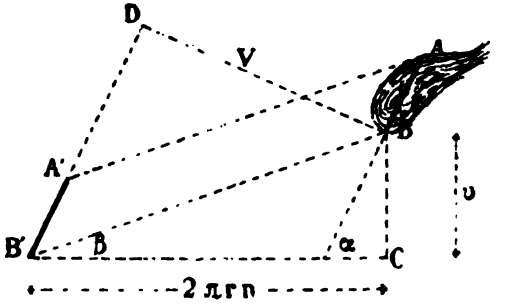
Sur d'autres points, ils ne sont pas d'accord ; sur quelques-uns même, ce désaccord est important. M. de Bruignac le signalera nettement : il le doit pour l'exactitude de nos discussions, et par égard pour la thèse dont il est convaincu : ce serait faire tort à celle-ci que de paraître ignorer la valeur et la portée des objections. — M. de Bruignac reprendra, sans chercher de classification, les points où le désacord parait principalement exister.

Emploi de la formule générale. — Il n'est pas douteux que la formule générale de l'hydraulique, relative à la pression sur un plan en mouvement dans un fluide, ne puisse s'appliquer au cas de l'hélice comme à tout autre. Mais les coefficients et fonctions de cette formule ne sont pas déterminés pour le cas des hélices, en sorte que M. de Bruignac, voulant faire un calcul pratique, n'a pas employé la formule générale; il a pris des pressions expérimentées directement, avec la loi de variation de ces pressions dans la formule générale. En réalité,

l'une et l'autre formule ne diffèrent pas essentiellement ; la seconde n'est que le résumé expérimental de la première : une pression mesurée au lieu d'être calculée. — D'ailleurs, M. de Bruignac ne pense pas que l'on étudie le phénomène mieux avec une formule qu'avec l'autre.

Les faces d'une aube d'hélice agissent par l'intermédiaire des remous. — Sans doute, il y a un remous d'eau qui précède constamment la face pressante ; mais ce remous se renouvelle sans cesse, glissant sur la face de l'aube et remplaçant ses molécules, en tout cas, transmettant à la face de l'aube la pression de l'eau qui s'écoule autour de lui, en sorte qu'il est légitime, en dernière analyse, de considérer la pression de l'eau comme agissant directement sur l'aube.

L'élément d'aube AB va, en 1″, occuper la position A'B', en suivant le chemin BB' droit en développement. M. de Bruignac regarde comme évident que, pendant ce temps, le remous sur AB ne reste pas identique par sa substance, qu'il glisse et change ses molécules constamment. Mais, même en admettant que ce remous reste identique comme un coussin vissé à l'aube, il suffit que la pression soit transmise à l'aube, à travers le remous, ce que l'on ne peut contester, pour qu'il soit légitime de faire abstraction du « coussin » et de considérer la pression comme directement appliquée à l'aube, ainsi que M. de Bruignac l'a fait.



Voici une preuve indirecte : Les constructeurs ont reconnu l'utilité de faire les aubes très lisses pour diminuer la résistance..., comment en serait-il ainsi, si l'eau ne glissait pas sur l'aube?

Valeur de la vitesse V de l'eau normalement à l'aube. — Après avoir posé la question comme M. de Bruignac, M. Gouilly s'arrête avant de déterminer V; il parait croire impossible de le faire dans l'état de la question, car il se borne à des appréciations ; il admet « comme rationnel » que, sur une aube d'hélice ordinaire, la pression du liquide est « la même tout le long de l'aile ». Et il ajoute, en confirmation de cette opinion : « les variations de pression et les vibrations seraient exagérées si, par suite de l'action centrifuge, des masses de pressions différentes se déplaçaient le long de l'aube. »

C'est ici que le dissentiment devient profond. M. de Bruignac, parvenu au même point du raisonnement, l'achève ainsi : « Du moment que V est normal à l'aube, il s'ensuit rigoureusement que la valeur graphique de V est déterminée par une demi-circonférence de diamètre BB' ». C'est sur cette déduction qu'il base la formule de V et les formules principales de son étude. Si cette base manque, le reste tombe, en grande partie. Or, il n'y a aucun accord entre l'appréciation de M. Gouilly, citée tout à l'heure, et les formules de M. de Bruignac; car, d'après ce dernier, la valeur de V dans l'hélice ordinaire varie beaucoup du centre à la circonférence, et la pression, proportionnelle à V^2, varie plus encore. Dans l'exemple étudié par M. de Bruignac (dans sa note), V varie de 1 à 2, et V^2, par conséquent, de 1 à 4, (à partir du centre, V^2 varierait de 0 à 4.)

D'ailleurs, si l'on examine une hélice en action, il parait probable que « des masses de pressions très différentes » se suivent sur l'aube car il est peut-être difficile d'expliquer autrement l'agitation violente en forme de tourbillon que l'aube cause toujours.

Il importe, en outre, de remarquer que la valeur de V, déterminée par M. de Bruignac, reste la même en toute hypothèse : même dans l'hypothèse du remous identique comme un « coussin vissé », et tout à fait en dehors de la forme de raisonnement que M. de Bruignac a adoptée comme plus commode, il reste évident que le mouvement relatif de l'eau et de l'aube pendant 1″, normalement à l'aube, est la longueur BD, comprise entre B et la direction B'A' prolongée.

Les remarques suivantes ont peut-être moins d'importance que les précédentes, pour l'application; il convient cependant de ne pas les négliger.

Rendement. — M. Gouilly pense que le travail « à fournir » est celui de *rotation*; en sorte que le rendement

$$R = \cot g\ \alpha .\ tg\ \beta,$$

et que $R = 1$ si $\alpha = \beta$. Le rendement est d'autant meilleur que les angles diffèrent moins.

M. DE BRUIGNAC, a signalé que le rendement variait généralement en sens contraire de α (pourtant, il y a une aube qui fait exception, celle « à propulsion maxima »); mais l'accord s'arrête là,

Sans parler du cas extrême où $\alpha = \beta$,— purement théorique, puisque la propulsion serait alors rigoureusement nulle, — on peut s'étonner d'abord de voir le rendement tendre ainsi vers l'unité dans un récepteur dont la propriété essentielle est que le travail moteur de la pression, parallèle à V, reste toujours oblique au travail utile, parallèle à l'axe de l'hélice. Cette remarque peut mettre en défiance contre l'évaluation précédente du rendement. M. de Bruignac croit, en effet, qu'elle est inexacte.

Le rendement est le quotient du travail utile par le travail moteur...

« Par travail moteur », on entend, il faut le rappeler, le travail entier de la machine au point considéré. Pour une hélice considérée isolément, ce travail moteur est: soit le travail de la pression φ (V^2) normale à l'aube, si on évalue par son moyen, soit le travail transmis par l'arbre de l'hélice près du moyeu, si on évalue de cette seconde manière.

Or, dans l'un et l'autre mode, on a quelque chose de plus que le travail de rotation.

Au point de vue de la pression φ (V^2), on a manifestement le travail de propulsion en plus du travail de rotation. Le travail moteur est le travail de φ (V^2), ou les travaux de ses *deux* composantes.

Au point de vue de la machine motrice, on trouve également un double travail moteur: celui de rotation, et celui, dans le sens de l'axe, résultant de la pression de l'arbre de l'hélice sur sa buttée (indépendamment de tout frottement des coussinets, etc.). Ce travail dans le sens de l'axe correspond à la résistance du bateau. Il n'est pas petit, car M. l'amiral Pâris cite un bateau dont la buttée, plongée pendant la marche d'essai dans une bâche pleine d'eau, ne se maintenait pas moins au rouge blanc.

M. de Bruignac pense que le rendement propre d'une hélice, sainement entendu dans le sens consacré (et rationnel) du mot rendement, est le quotient du travail utile (propulseur) par la *somme* du travail de rotation et du travail propulseur. Il pense que cette notion, peut-être un peu surprenante à première vue, sera acceptée de tous après réflexion. Sans doute, ce n'est guère qu'une question de définition, mais elle n'est pas indifférente au point de vue de l'intelligence du phénomène.

Effet centrifuge des hélices. — Cet effet se manifeste par la forme en cône tronqué de l'eau agitée qui suit le bateau.

Il n'a pas pour cause l'action centrifuge proprement dite, dans le sens du rayon, car cette action est insignifiante dans la pratique des hélices, MM. Gouilly et de Bruignac s'accordent à l'admettre.

Le premier paraît en trouver la cause dans l'obliquité des courants latéraux qui se déversent de part et d'autre de l'aube, autour du remous... Mais comment ces courants, qui sont dans des plans sensiblement perpendiculaires au rayon de l'aube, pourraient-ils avoir un effet centrifuge marqué?

Voici comment M. de Bruignac explique l'effet centrifuge. A un instant considéré, toutes les pressions φ (V^2) sont normales chacune à la face de l'aube à laquelle elle appartient, et dans un plan sensiblement normal à son rayon, en sorte qu'aucune ne donne d'effet centrifuge relativement à l'aube à laquelle elle appartient. Mais, comme les aubes ne sont pas parallèles entre elles, toutes les pressions d'une aube sont très obliques relativement à la surface et au rayon des autres aubes et donnent à l'égard de celles-ci un effet centrifuge marqué.

Dans le cas de deux aubes seulement, opposés sur un même diamètre, il faut modifier l'explication précédente. A un instant donné, l'effet cen-

trifuge relativement aux aubes est causé par toutes leurs positions précédentes non parallèles à celle du moment.

Lorsque l'on regarde, de l'arrière d'un bateau, l'effet centrifuge, on considère instinctivement les aubes qui se trouvent, au même instant, parallèles à la surface de l'eau. Eh bien, l'effet centrifuge n'est pas causé par ces aubes, mais par les autres, et par les positions antérieures de toutes, non parallèles à la surface de l'eau.

D'après M. Gouilly, « l'action directe sur l'aube implique l'absence d'effet centrifuge ». — M. de Bruignac avoue ne pas découvrir le motif de cette opinion ; mais il la signale à cause de l'étonnement qu'elle lui fait éprouver.

La difficulté principale de l'étude des hélices, c'est de se représente distinctement les mouvements dans l'espace. C'est pourtant nécessaire ; et des malentendus presque inévitables résultent de ce que chacun ne le fait pas également. — M. de Bruignac engage instamment à cet exercice ceux que la question intéresse, et qui voudraient bien étudier sa Note.

Recul. — M. Gouilly pense que le recul, dont la formule est $2\pi rn \operatorname{tg}\alpha - v$, peut être facilement supposé négatif, et que l'on pourrait construire une hélice fonctionnant dans ces conditions.

M. DE BRUIGNAC pense au contraire que le recul positif représente la propulsion ; que celle-ci est nulle lorsque $2\pi rn \operatorname{tg}\alpha = v$; et que, si on a $v > 2\pi rn \operatorname{tg}\alpha$, c'est que le vaisseau doit sa vitesse à une autre cause que l'hélice, une voile, une remorque ou autrement. Dans ce dernier cas même, si l'hélice tourne dans la condition $v > 2\pi rn \operatorname{tg}\alpha$, elle retient le bateau.

Chocs et vibrations. — Leur principale cause, d'après M. Gouilly, serait le mouvement centrifuge, surtout aux extrémités... M. de Bruignac les attribue, surtout, aux coups de bélier successifs dus aux vides qui se font et se remplissent sans cesse, entre les aubes près du moyeu. C'est pourquoi M. de Bruignac a recommandé de neutraliser cette partie des aubes.

Il se peut aussi que la différence des vitesses (normales aux aubes) des masses d'eau, et des directions de ces vitesses, contribue aux chocs et vibrations. M. de Bruignac a signalé des formes diminuant ces effets ; mais aucune forme ne peut les éviter, du moins dans tous les sens à la fois.

Limite de vitesse qu'un navire ne peut dépasser. — Sans doute, la diminution de l'angle β contribue à ce résultat ; mais elle ne suffirait pas, selon M. de Bruignac, pour expliquer une limite assez brusque... Celle-ci résulterait, en partie de ce que la résistance croît comme le carré de la vitesse du navire, et surtout de ce que, à un certain point de vitesse de rotation, l'hélice *patine*, c'est-à-dire tourne dans un vide de vapeur d'eau, de plus en plus complet. Alors elle ne propulse plus.

Barrettes. — M. Gouilly en signale l'emploi, pour éviter l'effet d'excentricité de l'eau sur l'aube... M. de Bruignac *suit* cette excentricité, d'ailleurs très faible, en dirigeant ses directrices selon elle. C'est assurément le moyen d'éviter le plus les frottements inutiles.

Il y a d'autres points, de moindre importance, auxquels M. de Bruignac ne s'arrêtera pas pour ne pas trop allonger cette réponse.

En résumé, M. de Bruignac pense que la considération du remous et l'emploi de la formule générale de la pression de l'eau sur l'aube, loin d'être indispensables pour donner « l'explication simple et rigoureuse de tous les phénomènes », n'apportent pas à la question d'élément nécessaire, et que l'on peut, sans aucun inconvénient, suivre la voie qu'il a préférée comme plus simple et plus pratique.

M. Gouilly réplique que, dans le résumé qu'il vient de faire de sa note, il a négligé, comme peu importants, certains points sur lesquels M. de Bruignac, qui a fait une étude très complète de cette note, a cependant parlé. S'il avait pu prévoir les objections de M. de Bruignac, il aurait relu le mémoire de son contradicteur. Néanmoins, il lui est possible de relever de graves erreurs dans ces objections, en se servant des seules figures tracées par M. de Bruignac.

Dans son mémoire, M. de Bruignac ne parle pas des remous sur la surface des aubes. Il les admet aujourd'hui; mais sa figure rend mal sa pensée car elle suppose que l'eau se déplace en glissant sur l'hélice. En effet, elle résulte d'une supposition, d'ailleurs gratuite, savoir: que chaque molécule d'eau est poussée par l'élément d'aube, avec lequel elle est en contact, dans une direction normale à la direction de cet élément. Mais, pendant que ce mouvement s'effectue, l'aube participe à la translation de l'axe, de telle sorte qu'il faut, de toute nécessité, que la molécule d'eau ait glissé au contact de l'élément de l'aube.

M. de Bruignac prétend qu'il n'est pas d'accord avec M. Gouilly sur les effets centrifuges en général, mais qu'il est à peu près d'accord quand il s'agit des filets qui composent les courants latéraux. Il fait à ce sujet une erreur capitale, qui est caractérisée nettement par la figure qu'il a tracée au tableau.

On voit, par cette figure, que, ici comme dans son mémoire, M. de Bruignac confond les effets des forces centrifuges et les effets des forces tangentielles. D'ailleurs, il n'a pas fait attention que M. Gouilly disait, d'une part, que les courants latéraux devaient leur courbure à des forces centripètes convenablement dirigées pour correspondre à des variations des pressions sur les faces de l'aube, que, pour ces filets, les *mouvements centrifuges, dans le sens longitudinal de l'aube*, sont peu de chose, vu la durée très courte du passage de leurs molécules auprès de l'aube et, d'autre part, que les molécules emprisonnées dans les remous, pendant un temps plus ou moins long, mais

appréciable, doivent nécessairement avoir des déplacements centrifuges importants.

M. Gouilly signale ensuite en ce qui concerne l'évaluation du rendement une faute très grave qui diminue singulièrement, à son avis, la portée des calculs du mémoire de M. de Bruignac. Ce rendement doit être évalué pour l'hélice elle-même c'est-à-dire abstraction faite de la transmission et du frottement. C'est ce que vient de reconnaître M. de Bruignac, mais c'est ce qu'il ne fait pas.

Étant donné l'axe de rotation et l'élément de l'aile, il se produit, sur cet élément, une pression normale se décomposant en deux : l'une dans le sens de l'axe, l'autre dans un plan perpendiculaire à cet axe.

Quel est l'effet utile de l'hélice? c'est son déplacement dans le sens de l'axe; par conséquent, en multipliant la composante parallèle à l'axe par la vitesse de translation de l'axe, on a le travail utile de l'hélice par seconde, c'est-à-dire le travail employé utilement à sa propulsion.

Maintenant, pour se rendre compte de la valeur du travail moteur, il suffit d'imaginer que l'on est dans le bateau, qu'une force, une pression normale s'exerce sur une aube de l'hélice et de se demander quelle est la force qu'il faudra exercer sur l'axe, pour le faire tourner. Evidemment, le moment de cette force égalera le moment de la pression sur l'aube, et le travail moteur sera le produit de ce moment par le déplacement angulaire. Le rendement de l'hélice est donc correctement donné par la formule de la note de M. Gouilly, que vient de citer M. de Bruignac.

Celui-ci se trompe certainement, s'il se croit obligé, comme il vient de le dire, de tenir compte de ce qu'il appelle la résistance du bateau qui n'a rien à faire évidemment dans l'étude de l'hélice elle-même.

M. de Bruignac, vient de signaler l'hypothèse de M. Gouilly sur la constance de la pression sur l'aube. Ce qu'il dit n'empêche pas, tout d'abord, que cette hypothèse soit rationnelle, c'est-à-dire, compatible avec les formules de la note de M. Gouilly. En effet, la pression par unité de surface est

$$\varpi f(\theta) \frac{V^2}{2g},$$

θ étant l'angle que la vitesse relative de l'eau fait avec la normale à l'élément de l'aube, V étant cette vitesse relative de l'eau. V dépend, pour une même vitesse de propulsion, de la vitesse de rotation de l'axe de l'hélice. On conçoit donc qu'on puisse disposer des variables de cette formule pour que la pression varie peu d'un point à un autre de l'aube.

Dans tous les cas, cette hypothèse avait sa raison d'être dans la

nécessité d'éviter les variations de pression sur la surface de l'aube. Si les molécules du remous, qui se déplacent et passent sur les différents points d'une aube étaient à des pressions différentes, il en résulterait tantôt une diminution, tantôt une augmentation de pression sur un même point, phénomène qui, se répétant rapidement, donne lieu aux vibrations si dangereuses pour la stabilité de l'hélice.

M. Gouilly termine en disant qu'il croit avoir répondu aux plus intéressantes des observations qui lui ont été présentées. *(Applaudissements.)*

M. DE BRUIGNAC demande à répondre un seul mot: tout à l'heure, en parlant des effets centrifuges, il n'a nullement considéré des efforts tangentiels s'exerçant à l'extrémité d'un bras, mais bien les forces $\frac{P}{g}(v^2)$, normales à l'aube sur toute son étendue ; ces forces sont notablement obliques relativement aux faces des autres aubes et donnent relativement à ces dernières un effet centrifuge marqué. Voilà ce que M. de Bruignac a voulu dire simplement.

M. LE PRÉSIDENT croit qu'il y a lieu de remercier également M. Gouilly et M. de Bruignac pour les observations très intéressantes qu'ils viennent d'échanger. La question des hélices est très importante ; il reste encore des améliorations à apporter à ce genre de propulseur. Actuellement l'hélice nous transporte à une vitesse de 15 à 18 nœuds ; M. le Président exprime l'espoir que cette vitesse croîtra encore, grâce à ces recherches théoriques, qui auront pour résultat de déterminer les perfectionnements dont est susceptible le mode de construction des hélices.

L'heure étant trop avancée pour permettre de suivre l'ordre du jour, M. le Président donne la parole à M. Max de Nansouty, qui a quelques mots à dire sur une question d'actualité.

M. MAX DE NANSOUTY a l'honneur de porter à la connaissance de la Société un événement scientifique qui présente pour tous les amis du progrès et de la science pure et appliquée, un très grand intérêt.

Il va être très prochainement créé à Paris, un laboratoire central d'électricité, depuis si longtemps désiré et demandé par tous nos électriciens.

Chacun ici se souvient des intéressantes visites techniques, des conférences, des études de toute sorte effectuées par la Société des Ingénieurs Civils, pendant le cours de l'Exposition d'électricité en 1881.

Il est donc permis de dire, en attendant le jour prochain où le laboratoire central d'électricité sera érigé et rendra les grands services que l'on attend de lui, que la Société des Ingénieurs Civils a puissamment contribué à sa fondation.

Voici quelques très brèves indications sur les principes d'organisation de ce laboratoire. Il convient de dire tout d'abord qu'il n'existe à l'étranger aucun établissement public de ce genre ; l'Angleterre, la

Belgique, la Suisse, l'Allemagne, malgré l'intérêt qu'elles ont montré à l'électricité, n'en possèdent encore aucun. Le laboratoire projeté à Paris devra sa fondation à l'initiative privée ; il sera d'ailleurs placé sous le haut patronage officiel du Gouvernement et du Ministère des Postes et Télégraphes. Les fonds nécessaires seront fournis, en grande partie par le reliquat disponible des recettes de l'Exposition d'électricité de 1881, soit 331,000 francs. Il n'est pas inutile d'appeler, en passant, l'attention sur ce fait, que cette Exposition, si remarquablement organisée et administrée, par son commissaire général, l'éminent M. Georges Berger, ingénieur civil des mines, au lieu de se traduire par un déficit financier, a donné le sérieux bénéfice qui vient d'être indiqué. Ce serait un bon exemple à suivre.

C'est la Société des électriciens qui, placée à l'avant-garde du progrès électrique, a pris l'initiative des démarches à faire pour la construction du laboratoire central de Paris. Il convient aux Sociétés amies telles que la nôtre, de l'appuyer et de l'aider dans cette voie. Il est entendu que le nouvel établissement sera ouvert de la façon la plus large et la plus libérale à tous les travailleurs, à tous les chercheurs ; tout le monde pourra venir y travailler au progrès de la science et à la prospérité de notre pays.

Le terrain nécessaire dans Paris, dont l'acquisition eût grevé durement le budget de cette fondation, sera généreusement et intelligemment fourni par la Ville de Paris. Rien n'est décidé encore sur le choix de l'emplacement de ce laboratoire.

Cet emplacement demande des précautions d'isolement électrique et mécanique toutes spéciales et il y aura lieu, par la suite, lorsque la période d'exécution commencera, de revenir à ce sujet sur bien des points intéressants et nouveaux, touchant l'art de l'ingénieur.

M. Max de Nansouty ajoute qu'un de ses collègues lui ayant demandé spirituellement tout à l'heure, si, pour être bien isolé électriquement, le laboratoire central d'électricité devrait être fondé sur des plaques de verre, il n'avait pas cru devoir répondre : non, Car depuis les fondations jusqu'au sommet, tout est à étudier, à innover, dans cette curieuse construction, et l'on ne saura être trop nombreux, le moment venu, pour s'en occuper.

Une commission nommée par la Société des électriciens et dont M. de Nansouty à l'honneur de faire partie, a fait les premières études nécessaires ; elle a présenté à M. le Ministre des Postes et Télégraphes un rapport très remarquable rédigé par son secrétaire-rapporteur, M. E. Sartiaux, chef du service télégraphique de la Compagnie du chemin de fer du Nord. M. de Nansouty dépose un exemplaire de ce rapport à la bibliothèque de la Société.

Il borne ici cette brève communication, sauf à revenir plus tard sur le sujet, lorsque les circonstances le permettront : enfin il rappelle, en terminant, à ses collègues de la Société des Ingénieurs civils, tout

ce qu'ils ont déjà fait pour le progrès et le succès de l'électricité et de ses applications, et les prie d'accorder à la nouvelle institution qui se crée leur sympathie, leur concours et leur appui.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. de Nansouty, et fait donner lecture de la lettre suivante qui a été adressée à la Société, avec deux photographies, par M. Eiffel :

Monsieur le Président,

J'ai l'honneur de présenter à la Société deux photographies représentant l'application des ponts démontables de mon système aux chemins de fer à voie normale.

Afin de permettre le remplacement des ponts en maçonnerie de la rivière de l'Oust (ligne de Questembert à Ploermel, Compagnie des chemins de fer d'Orléans), par des ponts métalliques, ces ponts démontables ont donné passage aux trains d'exploitation sur la première déviation pendant cinquante jours, après quoi ils ont été reportés à la déviation suivante où ils accomplissent en ce moment le même service. Ils seront enfin reportés à une troisième déviation et remis en magasin comme approvisionnement.

Chacun des ponts est formé par trois travées de 14 mètres et une travée de 27 mètres reposant sur des palées en charpente.

Ces ponts sont complètement en acier et pèsent :

La travée de 14 mètres. . . . . 11.414 k.
La travée de 27 » . . . . . 33.623 k.

Les expériences de charge roulante ont été faites par le service du contrôle, assisté de M. Liebeaux, ingénieur des ponts et chaussées, attaché à la Compagnie d'Orléans. — Le passage d'un train de locomotives de 51 tonnes, à la vitesse de 15 kilom., a donné les résultats suivants :

Travées de 14 mètres . . . . . flèche 9 m/m.
Travées de 27 » (charge totale 125 T). » 19 »

Après chaque épreuve, les poutres sont revenues à leur position initiale ; les déplacements latéraux ont été insignifiants.

La mise en place d'une travée de 27 mètres se fait en vingt heures.

Pensant que la communication de ces résultats a de l'intérêt pour la Société, je vous prie, Monsieur le Président, d'agréer l'assurance de ma considération distinguée.

G. EIFFEL.

M. LE PRÉSIDENT fait remarquer que la lettre de M. Eiffel offre un grand intérêt en ce qu'elle montre la possibilité de remplacer rapidement un grand pont qui viendrait à être détruit, par des petits ponts provisoires, en acier, dont les éléments sont préparés à l'avance.

MM. Broas, Favier, Jamin, Natanson et Senet ont été reçus membres sociétaires.

La séance est levée à onze heures.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

SUR LE

MODE D'ACTION DES HÉLICES PROPULSIVES

ET LEUR CONSTRUCTION

PAR

AL. GOUILLY

INGÉNIEUR DES ARTS ET MANUFACTURES

Pour apprécier les qualités d'un propulseur on se sert encore de la quantité qu'on appelle le *recul*. La considération du recul est surtout expérimentale. Peut-être n'en a-t-on pas tiré tout ce qu'elle peut donner, mais quand on s'en est servi pour l'étude des phénomènes hydrauliques, qui ont lieu autour de l'aube d'un propulseur, elle a souvent conduit à de faus es interprétations. Il est plus logique, pour étudier un propulseur, de commencer par l'étude de son mouvement par rapport au fluide et des phénomènes, qui en sont la conséquence, abandonnant systématiquement et complètement toute comparaison, toute analyse où l'eau serait d'abord supposée douée d'une résistance propre aux corps solides.

C'est dans cet ordre d'idées que s'est tenu M. de Bruignac, auteur d'un mémoire intitulé : *Recherches sur la construction théorique des hélices propulsives*, et présenté, l'année dernière, à la Société des Ingénieurs Civils de France. Ce mémoire a été l'objet des critiques éclairées de la Société et des louanges qu'il mérite, aussi ne me permettrai-je aucune allusion au travail de M. de Bruignac.

Mais, sur un sujet aussi délicat, tout n'est jamais dit ; j'espère donc que la Société des Ingénieurs Civils voudra bien m'autoriser à

lui présenter quelques considérations qui offrent, je crois, quelque intérêt. J'ai d'ailleurs attendu la publication des mémoires présentés au mois de juillet 1885 afin de m'assurer que je ne fais aucune répétition.

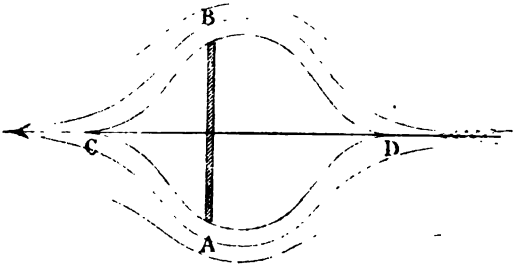
Mon point de départ est l'interprétation d'un fait connu, dont un cas particulier a été étudié expérimentalement. Je généralise simplement les résultats d'une expérience. Je regrette de ne pouvoir donner des valeurs numériques des coefficients que j'emploie ; mais, à défaut d'expériences que je n'ai pas eu la facilité de faire, le raisonnement vérifie assez d'observations faites par de plus heureux pour justifier mon point de départ, du moins je l'espère.

Étude du mouvement d'un solide dans un liquide.

Soit AB une plaque ayant, dans un liquide, une translation perpendiculaire à sa face plane. Le liquide se divise en avant de la plaque ; un double courant, composé de filets liquides ayant des courbures accentuées, s'établit latéralement à la plaque ; puis les filets concourent à l'arrière, et le liquide reprend son état primitif. Dans la région A B C, à l'avant de la plaque, la masse liquide a une agitation faible et désordonnée, la pression y est plus forte que la pression statique. Cette face s'appellera la *face pressante*, dans la région A D B, phénomène analogue, mais la pression est plus faible que la pression statique, cette face s'appellera la *face aspirante*.

Ces variations de pression sont une transformation de la force qui produirait le mouvement de la plaque dans un liquide au repos;

Fig. 1.



elles ont elles-mêmes pour effet la production des forces centripètes des masses liquides qui composent les filets latéraux. La direction manifeste des forces centripètes, d'après le sens des courbures, explique les variations de pression dont il vient d'être parlé.

S'il s'agissait d'un liquide en mouvement perpendiculairement à une plaque fixe, le phénomène serait le même dans son ensemble, les coefficients seuls varieraient numériquement.

Le raisonnement et l'expérience indiquent que l'on peut représenter les variations de pression par la formule $K \varpi \Omega \frac{V^2}{2g}$, dans laquelle, Ω est l'aire de la plaque, V la vitesse relative de l'eau par rapport à la plaque, ϖ le poids spécifique du liquide.

	Valeur du coefficient K pour V = 0.975.		
	Face pressante	Face aspirante	Total.
Liquide en mouvement . . .	1,19	0,67	1,86
Liquide en repos	1,00	0,43	1,43

Supposons que l'on adapte à la plaque une proue de la forme A C B et une poupe de la forme A D B, le coefficient total s'abaisse jusqu'à n'avoir plus que la valeur 0,16. Le corps solide, ainsi formé, supporte bien les pressions des filets constituant les courants latéraux ; mais, d'une part, le frottement des liquides contre les solides étant indépendant de la pression et, d'autre part, les masses liquides, à l'avant et à l'arrière, ayant disparu, il n'y a plus de remous et on conçoit qu'il faille une moindre force pour faire progresser la plaque, ainsi garnie d'une proue et d'une poupe, dans un liquide au repos ou pour la maintenir immobile dans un liquide en mouvement.

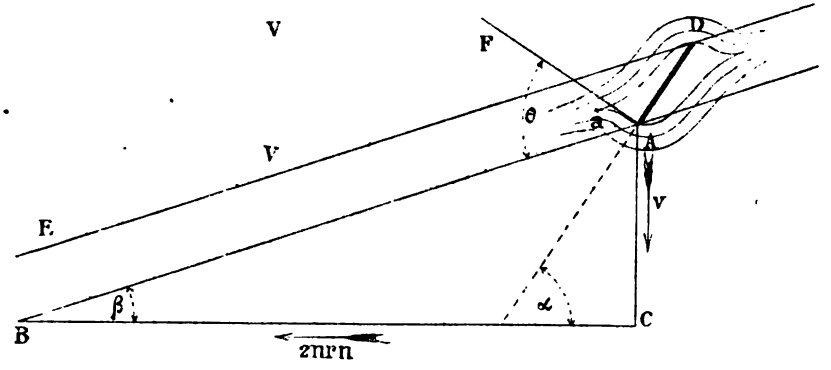
Phénomènes hydrauliques autour de l'aile d'une hélice.

Au lieu de supposer que les molécules liquides agissent en glissant sur l'aile ou en d'autres termes, qu'il se fait des courants parallèles aux faces de l'aile, nous supposerons, en généralisant le fait précédent, qu'il se forme des filets à distance de ces faces et que les courants latéraux agissent par l'intermédiaire des remous formés sur les faces. C'est bien l'hypothèse la plus simple que l'on puisse faire ; comment expliquer la formation de courants parallèles ? comment expliquer qu'ils seraient à des pressions différentes de la pression générale du liquide qui les environne ?

Soient A C = v la vitesse de translation de l'axe d'une hélice, projeté suivant A C ; $2 \pi r n$ la vitesse de rotation sur le cylindre

de rayon r, concentrique à l'axe, n désignant le nombre de tours que l'hélice fait dans une seconde. Soit enfin A D le développement

Fig. 2.



de la directrice d'un élément de l'aile sur le plan tangent au cylindre suivant la génératrice passant par le point A. Supposons pour fixer les idées, que la masse liquide où se déplace l'hélice est au repos.

Si par le point D je mène une parallèle D E à A B, ces deux droites comprennent le *sillon* de l'élément de l'aile, c'est-à-dire le chemin qu'il s'ouvre dans la masse liquide. Il se forme latéralement à cet élément des courants qui donnent lieu, d'un côté de l'élément, à une augmentation de pression et, de l'autre côté, à une diminution de pression. L'action de l'hélice sur le liquide, et inversement du liquide sur l'hélice, est due à la somme des valeurs absolues de ces variations de pression. Si on néglige le frottement, (dont l'influence est d'ailleurs très faible) en chaque point de l'élément, la réaction du liquide est normale à cet élément. C'est la résultante de ces forces normales à l'élément qui constitue la pression totale du liquide sur l'élément considéré de l'aile.

Le frottement ne dévierait pas de un degré la direction de la pression relativement à la normale.

La normale A F à l'élément A D fait un angle θ avec la direction de la vitesse V. Il est permis de penser que la pression pourra être représentée par la même formule que dans le cas où $\theta = o$ et que le coefficient K seul variera en fonction de θ. Pour s'en convaincre, il n'y aurait d'ailleurs qu'à recommencer le même raisonnements que l'on a fait pour trouver cette formule, raisonnement qui s'applique aussi bien dans le cas où θ est différent de zéro que

dans celui où il est nul. Nous dirons donc que la pression est exprimée par la formule

$$\varpi f(\theta)\,\omega\,\frac{V^2}{2g},$$

V représentant la résultante de v et de $2\pi r n$, c'est-à-dire la vitesse relative de l'eau par rapport à l'élément de l'aile. La fonction de θ, qui est la valeur du coefficient K, se réduit nécessairement, pour $\theta = o$, à la valeur de ce coefficient quand le liquide se déplace perpendiculairement à la plaque, et, pour $\theta = 90°$, elle a une valeur nulle ; les filets seraient alors parallèles aux faces, sans courbure, et, par suite, ne produiraient aucune différence de pression sur les faces, supposées d'ailleurs infiniment rapprochées, c'est-à-dire l'épaisseur de l'élément étant supposée nulle, si on le veut. Des expériences, faciles à imaginer, pourraient faire connaître cette fonction (1).

Quoi qu'il en soit, c'est par un raisonnement peu critiquable, je crois, que se trouve ainsi formulé le mode d'action de l'hélice sur l'eau.

Avant d'aller plus loin, examinons l'influence perturbatrice produite par le mouvement de rotation de l'aile. Pour les molécules qui, à une époque donnée, sont dans le voisinage de l'aile, et en dehors des remous, le mouvement de celle-ci peut-être considéré comme étant une translation donnant rigoureusement la figure précédente. Les forces fictives, qui interviennent dans le calcul des trajectoires relatives, n'auraient pu modifier la trajectoire relative de ces molécules pendant leur passage relatif rapide. Les personnes qui imaginent une action directe des molécules sur l'aube, ou, ce qui revient au même, des courants parallèles à l'aube, sont donc conduites à dire qu'il n'y a que peu ou point d'effet centrifuge. Leur opinion est contraire à ce qu'indique l'observation de certains faits dont je parlerai plus loin.

L'effet centrifuge se produit sur les molécules qui, sur les deux

(1) On peut, pour représenter le coefficient K, prendre un polynôme algébrique entier et écrire $K = f(o)\,(a + b\,\theta + c\,\theta^2)$, et se servir d'observations faites sur des hélices fonctionnant bien pour déterminer les coefficients de cette fonction.

On obtient d'assez bons résultats en écrivant $K = f(o)\left(1 - \frac{4\theta^2}{\pi^2}\right)$, dont les valeurs extrêmes sont $f(o)$ et o.

faces de l'élément considéré, sont enfermées par les courants latéraux. Elles restent pendant un certain temps dans ces espaces occupés par les remous et, sous l'influence de la rotation de l'aile, se déplacent le long de celle-ci en fuyant l'axe de l'hélice. On pourrait connaître la loi du mouvement de l'une d'elles en joignant, aux forces appliquées à cette molécule, les forces fictives du mouvement relatif. Mais, dans l'ignorance où l'on est de la forme des courants latéraux, il est impossible de se rendre compte numériquement de l'importance du mouvement centrifuge.

Le fait essentiel à noter est que l'effet centrifuge se produit surtout dans les gaines formées par les courants latéraux et qu'il ne peut modifier, d'une manière essentielle, les courants latéraux, qui constituent ainsi le phénomène hydraulique important à considérer pour la propulsion.

Application à l'établissement des hélices propulsives.

Afin de simplifier le problème, supposons toujours que le liquide où se meut l'hélice est en repos, négligeons d'abord l'influence des parois du navire sur la direction de la vitesse des courants qui frappent les ailes et établissons, pour ces conditions, quelques formules générales.

Soit α, fig. 2, l'angle que fait l'élément de l'hélice avec B C. La force de propulsion relative à l'élément est

$$(\theta)\ \omega \frac{V^2}{2g} \cos \alpha,$$

son travail est

$$\varpi f(\theta)\ \omega \frac{V^2}{2g} \cos \alpha . v.$$

C'est le travail utile pour la propulsion. Le travail correspondant qu'il faut fournir à l'axe de l'hélice est

$$\varpi f(\theta)\ \omega \frac{V^2}{2g} \sin \alpha . 2\pi r n$$

On doit donc dire que le rendement, correspondant à l'élément de l'aile, serait

$$(1) \qquad R = \cot g\ \alpha\ tg\ \beta$$

en appelant β l'angle de la vitesse V et de la vitesse de rotation $2\,\pi\,r\,n$.

En considérant v comme une donnée de la question, le facteur variable de l'expression de la pression par unité de surface sur l'élément considéré est

$$(2) \qquad \frac{f(\theta)}{\sin^2 \beta}$$

Enfin, on a la relation $90^\circ - \theta + \beta = \alpha$.

Les remarques et les conséquences suivantes se rapportent, d'une part, à la justification du mode d'action de l'aile sur l'eau et, d'autre part, aux conditions d'établissement des hélices.

I. La direction oblique par rapport à l'axe des courants latéraux fournit une explication naturelle du sillage en forme de tronc de cône ayant pour base la section droite du cylindre où se meut l'hélice.

II. En 1862, M, Savy, lieutenant de vaisseau, qui a fait de nombreuses observations sur l'hélice, a étudié le phénomène qui a lieu sur la face aspirante de l'hélice, mais il ne s'est point préoccupé de ce qui a lieu sur la face pressante. Par des considérations sur le *recul apparent et le recul réel*, il a cherché une explication des résultats de ses observations. Son raisonnement est purement géométrique.

Il pensait améliorer le fonctionnement de l'hélice en remplissant par une poupe l'espace compris entre l'aile et les courants latéraux sur la face aspirante. Je reviendrai sur ce sujet. La forme de poupe qu'il indique est, dans son ensemble, conforme à ce qui est indiqué fig. 2 sur la face aspirante, mais il la limite par deux arcs de parabole du deuxième degré. Il n'a point vu l'ensemble du phénomène hydraulique et les courants latéraux lui ont échappé. Cependant, il ajoute que l'*arête entrante* A doit être vive et que le biseau dont elle est le sommet doit être de 11°, vers l'extrémité de l'aile, et aller en croissant vers l'axe. Les formules précédentes nous renseigneront à ce sujet.

III. Le même auteur a constaté les effets centrifuges, surtout à l'extrêmité de l'aile. Il recommande pour les éviter d'armer l'aile de plusieurs *barrettes* transversales placées sur la face pressante, mais il pense qu'il convient de leur donner une saillie plus forte en D

qu'en A. Le meilleur usage à faire de ces barrettes serait de les employer sur les deux faces de l'aile et à leur donner approximativement pour forme la section droite des deux gaines laissées par les courants.

IV. Il est rationnel de penser que la pression du liquide doit être la même tout le long de l'aile, ou du moins qu'elle doit peu différer, car les vibrations, qui sont si importantes sur les ailes des hélices, sont dues aux variations de pression sur les faces de celles-ci ; variations de pression qui seraient exagérées, si, par suite du mouvement centrifuge, des masses à des pressions différentes pouvaient passer au même point. Donc le terme (2) doit peu varier pour les diverses valeurs de θ et de β le long de l'aile.

Or, pour une même vitesse v, β décroît depuis l'axe jusqu'à l'extrémité de l'aile. La fonction $f(\theta)$ devra donc diminuer d'une manière générale, depuis l'axe jusqu'à l'extrémité de l'aile. Il en résulte que l'angle θ doit croître en même temps que l'angle β décroît.

$\alpha - \beta$, diminue donc du centre à l'extrêmité de l'aile. Ce résultat indique évidemment que l'angle du biseau A (qui n'est pas bien différent de $\alpha - \beta$) doit décroître du centre à l'extrémité de l'aile, je suis sur ce point d'accord avec M. Savy.

Afin de fixer les idées et aussi pour montrer dans quelle mesure se vérifient numériquement ces raisonnements, considérons l'hélice suivante, appartenant à un paquebot :

Vitesse 12 nœuds	$v = 6^m,50$
Nombre de tours par seconde	$n = \frac{70}{60} = 1,666$
Rayon de l'hélice	$2^m,20$
Pas moyen	$5^m,52$

De ces données on déduit, pour l'extrémité de l'aile :

$$\alpha = 25^\circ$$
$$\beta = 22^\circ'$$

Mais cet angle β n'est pas celui qu'il faut considérer pour évaluer la force de propulsion, parce que l'eau est entraînée par le navire ; sa vitesse relativement à l'axe et près de l'hélice, n'est guère que les 0,60 ou les 0,65 de la vitesse du navire, de sorte que la valeur de β n'est, en définitive, que de 13° 30′ à 14° 30′, car il

faut, dans la figure 2, remplacer A C $= v$ par les 0,60 ou les 0,65 de v.

Pendant la marche, à la vitesse v, $\alpha - \beta$ varie de 10° 30′ a 11° 30′ pour l'hélice considérée et à l'élément extrême.

V. Le rendement, donné par la formule (1), se réduit à l'unité pour $\alpha = \beta$. La formule ne tient pas compte du frottement. Ce rendement est toujours < 1 puisque $\alpha > \beta$, et que l'un et l'autre sont plus petits que $\frac{\pi}{2}$. La condition favorable au rendement est que α diffère peu de β. Il est donc favorable à l'égalité de pression sur l'aile et au rendement que $\alpha - \beta$ diminue, cependant il y a une limite au-dessous de laquelle il ne faut point descendre, afin d'assurer la propulsion sur tous les éléments de l'hélice.

Il importe de remarquer que pour calculer une hélice d'une manière rationnelle, il faudrait connaître l'entraînement de l'eau par le navire, parce que la pression sur l'aile et, par suite, la force de propulsion dépendent de la vitesse relative de l'eau par rapport à l'hélice. Pour évaluer le rendement il suffit de connaître la vitesse de rotation de l'hélice et la vitesse du navire.

La connaissance seule du recul ne donne pas de renseignements sur la valeur d'une hélice propulsive. Cette quantité n'est définie que pour l'élément extrême de l'aile, tandis que tous les éléments concourent, dans le fonctionnement de l'hélice, à modifier la propulsion et le rendement. On peut affirmer que, pour une vitesse v et un navire donné, on peut construire une hélice ayant une force de propulsion jusqu'à l'extrémité des ailes et pour laquelle le recul serait négatif, quelle que soit d'ailleurs l'idée que l'on se fasse de l'action de l'hélice sur l'eau. Le recul, en effet, est défini par l'expression $2\pi r n \operatorname{tg}\alpha - v$. Or, si β est l'angle que la vitesse V de l'eau, relativement à l'aile, fait avec $2\pi r n$ et si $1 - k$ est le coefficient d'entraînement du liquide, il suffit pour avoir un recul négatif que

$$2\pi r n \left(\operatorname{tg}\alpha - \frac{\operatorname{tg}\beta_1}{k}\right) < o,$$

condition à laquelle il est facile de satisfaire. Pour $\alpha = 25°$ et $k = 0{,}60$, il suffirait d'imaginer que β, est compris entre 15° et 25° (1).

(1) Les expérimentateurs disent que le nombre de tours de l'hélice varie peu (de un dixième environ) depuis la mise en marche jusqu'à la

VI. La meilleure forme à donner à l'élément de l'aile serait celle qui exagérerait dans les sens convenables, les courbures sur les faces de l'élément. Il faudrait se garder de les diminuer car elles produisent l'intensité de la pression totale sur les ailes.

D'après le mode d'action défini dans cette note, il me semble que la meilleure forme de l'élément de l'hélice est la suivante : La directrice de l'élément sera un arc d'hélice à pas constant, développé suivant AD, figure 3, l'*arête entrante* A sera tranchante et terminée par un biseau présentant un angle un peu plus grand que l'angle de la face aspirante avec la vitesse relative V de l'eau. Cette disposition a pour but de rejeter, un peu en dehors du sillon, les courants, près de A et du côté de la face aspirante. Il en résulterait, pour la partie *a* A, une courbure plus favorable. L'*arête sortante* D sera également vive

marche normale, pourvu toutefois que dans tous les cas la machine donne toute sa puissance motrice. Les formules que nous avons données permettent de se rendre compte de ce fait. Le travail de propulsion, dans la mise en marche est

$$\sum \varpi\, f\,(90^\circ - \alpha)\ \omega \left(\frac{2\,\pi\, r\, n_0}{2\,g}\right)^2 \sin\alpha\ 2\,\pi\, r\, n_0.$$

Le travail dans le cas de la marche normale est

$$\sum \varpi\, f\,(90^\circ - \alpha + \beta,)\ \omega \left(\frac{2\,\pi\, r\, n}{2\,g}\right)^2 . \frac{\sin\alpha}{\cos^2\beta}\ 2\,\pi\, r\, n,$$

en attribuant à β la même signification que ci-dessus.

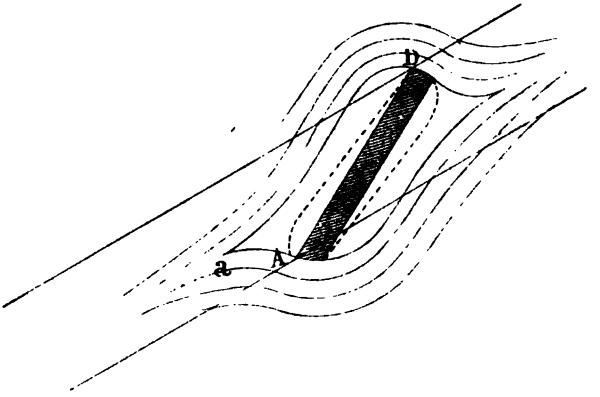
Si on suppose que dans les deux cas le travail moteur est le même, on aura sensiblement

$$\left(\frac{n}{n_0}\right)^3 = \frac{\sum f\,(90^\circ - \alpha)\ \omega \sin\alpha}{\sum f\,(90^\circ - \alpha + \beta)\ \omega \dfrac{\sin\alpha}{\cos^2\beta_1}}$$

Bien que nous ne connaissions pas la fonction $f\,(\theta)$, nous pouvons calculer une limite des rapports des éléments dans deux sommes. Dans ce rapport, le facteur $\dfrac{f\,(90^\circ - \alpha)}{f\,(90^\circ - \alpha + \beta)}$ va en décroissant de l'axe à l'extrémité de l'aile, mais est toujours > 1; le facteur $\cos^2\beta_1$ est toujours plus petit que l'unité mais il va en croissant. Si, pour fixer les idées, on suppose que le premier facteur est l'unité, on voit que $\dfrac{n}{n_0}$ est plus grand que la plus petite valeur de $\cos^{\frac{2}{3}}\beta_1$. Or β_1 sera généralement inférieur à 45° et $\cos^{\frac{2}{3}} 45^\circ = 0.79$.

mais le biseau fera au contraire un angle plus petit que celui de la face pressante avec la vitesse relative V de l'eau. On faciliterait

Fig. 3.



ainsi le passage des filets du côté de la face aspirante, de là une nouvelle amélioration des courbures.

L'auteur que j'ai cité (II) admet l'arête vive pour A mais il conseille d'arrondir l'arête D, dans le but, suivant ses expressions, de gêner les molécules liquides, situées du côté de la face pressante en A, dans leur passage sur la face aspirante et de faciliter au contraire, le départ des molécules situées du côté de la face pressante en D, dans leur passage sur la face aspirante. Dans son raisonnement il s'agit toujours d'amoindrir les remous qui ont lieu sur la face aspirante.

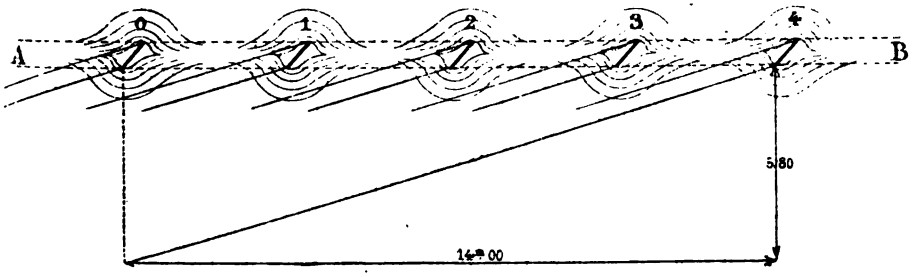
L'usage d'un pas d'entrée, pour éviter un prétendu choc des molécules à leur rencontre avec l'aile, et d'un pas de sortie pour les abandonner sans vitesse est donc mauvais. D'une part, ces deux pas ne peuvent être établis que pour une allure et sont nuisibles dans les autres. D'autre part, s'ils servaient à déterminer le mouvement par filets parallèles aux éléments, il n'y aurait plus de différence de pression sur les faces. Dans une turbine les éléments extrêmes des aubes ont respectivement une direction calculée pour obtenir une entrée sans choc et une sortie sans vitesse, mais il faut remarquer que l'eau agit sur les aubes d'une turbine par sa vitesse acquise, dans sa chute, par son poids, et par projection centrifuge, tandis que dans le fonctionnement de l'hélice on ne trouve rien de semblable.

Il ne faut pas mettre de poupe sur la face aspirante, comme le

conseille M. Savy, parce que la diminution de pression sur cette face est un élément de propulsion qu'il ne faut pas négliger. A la vérité la diminution de la pression sur la face aspirante a un coefficient moindre que celui de l'augmentation de pression sur la face pressante, mais l'emploi d'une poupe aurait pour effet d'obliger à augmenter la surface de l'aile ou d'obliger à augmenter le nombre des ailes. En outre, la face aspirante serait dans des conditions défavorables pour la marche arrière.

Enfin, le mouvement centrifuge des molécules liquides, qui restent en contact avec les faces, a certainement une grande importance, surtout aux extrémités des ailes, on peut lui attribuer la plus forte partie des vibrations si défavorables à la stabilité de l'hélice. En effet, en cet endroit se produit la rencontre de masses à des pressions différentes provenant des deux faces ; il en résulte, on le conçoit, des variations brusques et rapides de la pression sur le dernier élément de l'aile. Aussi n'est-ce pas une disposition recommandable de les terminer en lame mince. Peut-être ferait-on bien de placer à l'extrémité de l'aile une de ces barrettes dont j'ai parlé plus haut d'après M. Savy.

Fig. 4.



VII. Il est facile de se rendre compte de la nécessité de limiter le nombre des aubes. AB, fig. 4, représente le développement de la partie du cylindre sur lequel sont tracés les éléments des ailes. La figure répond à peu près à quatre ailes pour l'hélice. D'après la forme des courants qui se forment autour des éléments, on voit que ceux-ci doivent être suffisamment espacés pour que les filets ne se gênent point. Il est important de tenir l'écartement convenable, car en regard d'une face aspirante se trouve une face pressante. Si les filets, où la pression est plus forte, pouvaient se mêler avec ceux où la pression est plus faible, il arriverait de brusques variations de

pression sur les faces des éléments qui recevraient ainsi de véritables chocs ou, tout au moins, seraient soumis à des vibrations considérables. Je crois qu'il serait difficile de trouver, en supposant tout autre mode d'action de l'eau sur les ailes, une explication plus simple de la cause des vibrations qui sont telles que les ailes surabondantes sont supprimées pendant une traversée.

Il est admis par beaucoup de personnes que, étant donnés un navire et son hélice propulsive, il y a une limite de la vitesse du navire que l'on ne peut dépasser, quelle que soit l'augmentation de la puissance motrice. Cet énoncé ne contient pas une vérité susceptible d'une démonstration expérimentale, il exprime la limite d'une loi régissant des faits sur lesquels il est basé. Mais l'explication suivante donne un poids nouveau à notre théorie de l'hélice. Supposer que v tende vers une limite, quand la puissance motrice augmente indéfiniment, c'est supposer que le sillon de l'aube s'incline sur A B jusqu'à se trouver réduit à n'être plus qu'une zone perpendiculaire à l'axe de l'hélice. Tous les éléments se déplacent dans le même sillon avec une grande rapidité. Les filets latéraux se confondent, il n'y a dès lors plus de différences de pression sur les faces des ailes et par suite il n'y a plus de force accélératrice de la propulsion.

VIII. Les essais au point fixe ne peuvent donner le rendement du propulseur d'un navire. La raison en est évidente : il manque l'un des termes de comparaison, le déplacement du navire. Or, l'hélice a été construite pour produire une force de propulsion déterminée et dépendant de la vitesse du navire. L'hélice fonctionne d'ailleurs dans des conditions toutes différentes quand la vitesse change.

La composante de la pression suivant l'axe de l'hélice est, pour un élément et dans le cas d'essai au point fixe,

$$\varpi f (90^0 - \alpha) \omega \left(\frac{2 \pi r n}{2 g}\right)^2 \cos \alpha.$$

Dépendant de α seulement, tandis que cette composante dépend de β dans le cas de déplacement du navire.

L'essai au point fixe pourrait servir à déterminer : 1° $f(0)$, en construisant des ailes planes offrant des angles α différents, 2° il pourrait donner des indications, avec ces mêmes ailes, sur l'influence du nombre de celles-ci.

RÉSUMÉ

Cette étude est basée sur deux principes :

Premier principe. L'eau n'agit pas directement et en glissant sur l'aile, mais en formant des courants latéraux à l'aile, courants qui déterminent une augmentation de pression sur la face pressante, une diminution sur la face aspirante, augmentation et diminution qui sont transmises à l'aile par les molécules liquides en remous sur ces faces.

Deuxième principe. La pression a pour expression $\varpi\ f(\theta)\ \omega\ \frac{V^2}{2g}$, θ étant l'angle de la vitesse relative V de l'eau avec la normale à l'élément considéré.

Nous n'avons fait aucune hypothèse sur la fonction $f(\theta)$, si ce n'est que nous avons admis les valeurs $f(90^\circ) = o$ et $f(o)$ égale le coefficient se rapportant au cas où le courant est perpendiculaire à un élément plan.

Ces deux principes sont la conséquence de l'observation du mouvement des plaques dans les liquides. Ils donnent une explication simple (une fois qu'ils sont admis) de la force de propulsion elle-même, des mouvements centrifuges, des vibrations, de la nécessité de réduire le nombre des ailes, etc.

CHRONIQUE

—

Sommaire. — Théorie des machines à vapeur (*suite*). — Essais des rails. — Appareil pour mesurer la puissance des explosifs. — Viroles sans soudure pour chaudières. — Machines à triple expansion.

Théorie des machines à vapeur (suite). — Nous passons maintenant à la seconde méthode employée pour atténuer la perte de calorique par les parois du cylindre, laquelle consiste à faire agir la vapeur successivement dans plusieurs capacités, de manière à réduire la chute de température dans chacune et à laisser l'action réfrigérante du condenseur s'exercer seulement sur le dernier cylindre, avec lequel seul il est en communication; l'expérience prouve en effet que l'effet fâcheux des parois est considérablement atténué dans les cylindres à haute pression des machines compound, notamment lorsque ces cylindres ont des enveloppes de vapeur et que l'expansion n'y est pas portée à un degré excessif; dans ce cas on peut arriver à contrebalancer presque exactement la condensation à l'admission et la revaporisation qui se produit pendant la détente.

Il n'est pas nécessaire d'ailleurs que cet équilibre soit complet, puisque, s'il reste au premier cylindre de l'eau à la fin de la détente, cette eau vaporisée pendant l'échappement travaille dans le second cylindre et n'est pas perdue comme elle serait dans une machine ordinaire ; mais il ne faut pas que cette quantité soit trop grande, parce qu'alors la vapeur étant trop mélangée d'eau à l'entrée du grand cylindre amènerait une perte ultérieure dans ce récipient par des phénomènes analogues à ceux qui ont été signalés plus haut.

Pendant longtemps les machines compound n'ont eu que deux cylindres successifs : un cylindre d'admission et un de détente; les pressions étaient d'abord de 3 à 4 1/2 kilogs par centimètre carré pour les machines de mer et sont montées dans ces dernières années de 5 à 7 1/2 kilogs. Il paraît difficile qu'on puisse utiliser avec avantage des pressions supérieures dans des machines à deux cylindres seulement, parce qu'alors la chute de température et l'expansion dans chaque capacité deviennent assez grandes pour amener la reproduction des pertes qu'on a atténuées en passant de la machine ordinaire à la machine compound. C'est ce qui a amené l'introduction de la machine à triple expansion qui peut utiliser des pressions de 9 à 11 kilogs par

centimètre carré et qui paraît donner actuellement le dernier mot de l'économie pour la navigation commerciale.

M. Kirk qui a pris une part importante à l'introduction de ce genre de machine, au moins en Angleterre (1), fait les réserves suivantes au sujet des avantages à retirer de l'augmentation future des pressions : « A mesure qu'on a augmenté les pressions de marche dans les machines marines, on a obtenu un avantage, il est vrai, mais cet avantage n'est nullement proportionnel à l'augmentation de la pression, de sorte qu'on peut entrevoir la limite très proche où de nouvelles augmentations ne donneront plus aucun avantage. » Le point de départ de cette remarque est que, d'une part, la quantité de chaleur contenue dans la vapeur saturée ne croît pas proportionnellement à la pression, et que, de l'autre, le coût des machines augmente avec la pression de fonctionnement, de sorte qu'on arrive rapidement à un point où l'accroissement d'effet utile ne produit plus d'avantage commercial. Il ne faut pas perdre de vue que la supériorité des machines compound ne tient pas au nombre des cylindres qu'elles comportent; ce nombre de cylindres serait au contraire une raison d'infériorité, par suite des plus grandes résistances par frottements et des pertes de pression dans le passage d'un cylindre à l'autre, et que l'emploi de plusieurs capacités successives doit être considéré simplement comme un palliatif pratique adopté pour atténuer l'effet pernicieux des parois des cylindres au même titre que les enveloppes de vapeur (2).

Il est bon de s'arrêter un instant sur ce point et de comparer ce qui se passe dans la machine ordinaire à condensation et dans la machine compound à deux cylindres. Dans la première, si les pressions sont déjà élevées, 4 à 5 kilogs par centimètre carré, et l'expansion un peu considérable, la revaporisation qui se produit dans la détente ne compense pas la condensation à l'admission, et il reste, à la fin de la course, de l'eau qui se vaporise pendant la période d'échappement en emportant en pure perte au condenseur une notable quantité de chaleur. Si la vapeur agit, au contraire, dans une machine compound, la revaporisation compense ou à peu près la condensation initiale au premier cylindre, si on a soin de prendre quelques précautions, telles que la modération du taux de l'expansion et l'emploi d'enveloppes de vapeur, et lors même qu'il y aurait une différence, l'eau revaporisée pendant l'échappement n'est pas perdue comme calorique, puisque la vapeur produite agit dans le second cylindre. Celui-ci peut être

(1) Voir pour l'origine de la machine à triple expansion, la Chronique de mai 1882, page 620. A. M.

(2) Il ne faut pas oublier toutefois qu'en dehors des avantages qu'elle entraîne au point de vue *thermique*, la division de la détente en plusieurs phases réduit les variations d'efforts sur les pièces du mécanisme, atténue l'effet des fuites et les frottements sur certains organes et assure aux machines compound des avantages *mécaniques* qui ont largement contribué à leur succès pratique. A. M.

considéré comme constituant une machine fonctionnant sous une pression et une détente modérées, de sorte qu'il contiendra à la fin de la course relativement peu d'eau et que dès lors l'action réfrigérante du condenseur n'aura pas d'effet trop sensible. La supériorité de fonctionnement de la machine compound tient évidemment à la manière atténuée dont s'y passent les phénomènes de condensation et de revaporisation et une des meilleures preuves en est que la quantité de vapeur indiquée par les diagrammes d'indicateur s'y rapproche beaucoup plus de la quantité réellement dépensée que dans les machines ordinaires.

Comme nous l'avons vu déjà, si on emploie des pressions telles que l'atténuation des phénomènes indiqués plus haut devient insuffisante, on est conduit à augmenter le nombre des divisions de température et de pression, et à adopter la machine à triple expansion. On a même construit quelques machines à quadruple expansion fonctionnant à des pressions initiales supérieures à 10 kilogrammes; reste à savoir encore, pour ces dernières, si les causes de perte, résultant de la multiplicité des organes et des passages, ne contrebalanceront pas. et au delà, l'économie de vapeur obtenue; on n'a pas encore de données suffisantes pour trancher la question.

Le troisième moyen à employer pour réduire les pertes de chaleur est l'emploi de la vapeur surchauffée. La limite pratique à laquelle il paraît possible de porter la température de la vapeur, avec les matières dont les machines actuelles sont construites et celles avec lesquelles on assure leur fonctionnement, ne paraît pas être bien supérieure à 220 degrés centigrades.

Si on remarque que la vapeur condensée restant au cylindre à la fin de la détente est le principal agent de perte de chaleur dans les machines actuelles et que les enveloppes de vapeur ne sont pas des appareils utilisant le calorique d'une manière efficace, on est conduit à admettre que, si on pouvait surchauffer la vapeur à un degré tel qu'elle ne tombât qu'à l'état de saturation à la fin de la détente dans un cylindre unique, ce serait le mode le plus efficace de s'opposer à la condensation initiale.

On sait que la quantité de chaleur nécessaire pour porter un kilogramme de vapeur, saturée à 6 kilogrammes de pression par exemple, à une température de 230 degrés, n'est qu'une faible partie de la chaleur qui a été employée pour former ce poids de vapeur saturée, et aussi que le volume de la vapeur surchauffée sera notablement plus grand que le volume de la vapeur simplement saturée ; on pourra généralement obtenir la quantité additionnelle de chaleur nécessaire pour surchauffer la vapeur par les gaz sortant dans les cheminées c'est-à-dire sans dépense additionnelle de combustible. Il est bon de faire observer ici que, dans la plupart des chaudières, on peut améliorer le rendement, parce qu'on se contente d'observer la quantité

d'eau vaporisée par un kilogramme de combustible, sans faire attention à l'état de siccité de la vapeur obtenue ; or il faut notablement moins de chaleur pour obtenir un poids donné de vapeur humide que le même poids de vapeur sèche ou à peu près, il en résulte que les rendements de chaudières sont généralement inférieurs à ce qu'ils paraissent.

Lorsqu'on se sert de vapeur saturée, il y a un certain accroissement dans la pression initiale de la vapeur; la loi de détente se trouve modifiée par suite de la plus haute température des parois des cylindres et on a également moins de contre-pression derrière le piston, car l'état de la vapeur à la fin de la détente a une action immédiate sur la pression pendant l'échappement.

M. Hirn a constaté que l'effet des parois du cylindre réduit très vite la vapeur surchauffée à l'état de saturation et en amène même la condensation partielle (1).

En dehors de l'action des parois, la vapeur à 5 1/2 atmosphères, surchauffée à 225 degrés, devrait, dans un cylindre formé d'une matière imperméable au calorique, se dilater à peu près du double de son volume initial pour arriver à l'état de saturation. Nous pouvons en conclure que, si les enveloppes n'agissent pas de la manière la plus favorable pour l'utilisation du calorique, néanmoins elles sont nécessaires dans les machines en présence de la nature des matériaux que nous sommes obligés d'employer dans la construction de celles-ci, même avec la vapeur surchauffée, et qu'en combinant ces deux moyens, on peut arriver avec de la vapeur à 5 1/2 atmosphères surchauffée à 225 degrés, travaillant dans deux cylindres successifs à enveloppes, à prévenir d'une manière absolue la condensation à l'admission et par suite la revaporisation.

Avec l'emploi d'un surchauffeur intermédiaire, réchauffant la vapeur qui passe d'un cylindre à l'autre, emploi déjà réalisé dans certaines machines, on pourrait même supprimer sans grand inconvénient les enveloppes des cylindres.

Avec ces dispositions, il serait inutile de multiplier le nombre des cylindres successifs, de sorte qu'outre l'augmentation du rendement thermique, on bénéficierait d'un certain accroissement de rendement mécanique. Comme on n'emploierait que des pressions modérées, le prix d'achat des machines et chaudières serait moindre qu'avec les pressions considérables usitées actuellement, même en tenant compte du prix des appareils surchauffeurs.

La réduction du poids des chaudières résultant de la moindre consommation de vapeur suffirait à elle seule à couvrir la dépense.

Les dispositions mécaniques des machines ne seraient nullement

(1) Cette constatation est due en réalité à notre collègue M. Leloutre, ainsi que l'a déclaré lui-même M. Hirn. A. M

modifiées par ces arrangements ; on emploierait, suivant la puissance des appareils, des machines à deux cylindres accolés, ou des machines tandem ; celles-ci pourraient être simples, comme celle de M. Holt, pour les petites forces, ou disposées par deux ou trois pour les grandes.

On a admis que la pression était seulement de 5 1/2 kilogs; si on doublait celle-ci pour arriver à 10 et 11 kilogs comme dans un certain nombre de machines actuelles, on pourrait appliquer la disposition précédente à la machine à triple expansion en se dispensant de recourir à la quadruple, la surchauffe tenant ainsi lieu d'un multiple de plus dans l'expansion successive.

Pour aller à des pressions encore plus élevées il faudrait modifier radicalement la disposition des chaudières.

L'emploi de la vapeur surchauffée soulève un grand nombre de questions dans lesquelles on ne saurait entrer ici. Ne serait-il pas nécessaire de séparer les orifices d'entrée et de sortie de la vapeur, comme on le fait dans les machines Corliss et autres? On ne l'a pas cherché sur les machines marines parce qu'on a cru devoir sacrifier l'économie à la simplicité. Ne pourrait-on obtenir les deux à la fois?

Il serait bon de pouvoir régler la température de la vapeur en mélangeant de la vapeur saturée à la vapeur surchauffée. Il y a 25 ans au moins que M. Wethered a essayé ce mélange qu'il appelait vapeur combinée et auquel il attribuait assez gratuitement des propriétés spéciales. Il semble qu'on pourrait revenir avec chances de succès à ce système dont les avantages ne pouvaient être appréciés à l'époque où il s'est produit.

Si on revenait à l'emploi de la vapeur surchauffée, il y aurait, en dehors de la disposition à adopter pour les machines où on la ferait travailler, à se préoccuper de la question des matières à employer dans leur construction.

Dans les machines où on employait la vapeur à basse pression surchauffée, il y a vingt ans, on éprouvait déjà quelque difficulté à tenir étanches les garnitures des tiges de piston; des garnitures métalliques perfectionnées permettraient probablement de résoudre la question. On a dit que le métal des cylindres était attaqué par l'acide chlorhydrique mis en liberté et provenant du sel marin ; on n'aurait pas à craindre cet inconvénient, fût-il réel, aujourd'hui que l'emploi de la condensation par surface est devenu général. Les mêmes objections ont été faites, on peut s'en souvenir, à l'élévation des pressions dans les locomotives et aujourd'hui on atteint sans inconvénient 12 atmosphères et quelquefois plus.

Une objection plus grave est la difficulté d'entretien et de conservation en bon état des surchauffeurs, mais elle n'est pas insurmontable; M. Hirn a installé quelques machines à vapeur surchauffée qui

fonctionnent sans plus de réparations que les autres depuis plus de 25 ans.

On a indiqué les arguments qui plaident en faveur de la surchauffe et les difficultés qu'entraîne son emploi. La question peut se poser ainsi : Obtiendra-t-on désormais de nouvelles réductions dans la consommation de vapeur par l'accroissement de la pression initiale, ou par une addition de calorique sous forme de surchauffe, et quelles seront les dispositions de machines à employer? Sans vouloir trancher la question, l'auteur ne dissimule pas son penchant pour la surchauffe d'une vapeur produite à des pressions modérées, telles que 6 à 10 kilogrammes. La disposition des machines dépendra moins de la nature de la vapeur employée que des conditions pratiques de fonctionnement des machines.

Si on réfléchit à l'énormité des sommes qui eussent été économisées si, il y a 35 ans, des expériences bien conduites avaient amené les machines à l'état de perfection relative où elles sont aujourd'hui, on se rend compte de l'importance de la question qui touche aux intérêts vitaux du pays en présence de l'épuisement futur des houillères. De nouvelles expériences dans la voie du perfectionnement des machines sont tout aussi nécessaires actuellement, mais, comme c'est une très grosse question et que personne n'a en particulier d'intérêt spécial à en assumer les charges, il est probable qu'il se passera ce qui s'est déjà passé, c'est-à-dire que les nouveaux progrès se feront par petits pas successifs et qu'il n'y aura pas plus d'accroissements brusques dans les températures de la vapeur qu'il n'y en a eu depuis quelques années dans les pressions employées.

Des esprits éminents ont annoncé que l'avenir n'était pas à la machine à vapeur et qu'elle serait détrônée par la machine à air chaud sous une forme ou sous une autre. Il ne faut pas perdre de vue que les difficultés dans ces dernières sont les mêmes que pour les machines à vapeur surchauffée et que, notamment, la question des matières y joue un rôle important.

Dans les moteurs utilisant le calorique, il faut constamment ne pas trop s'écarter des conditions fixées par la théorie et ménager les nécessités de la pratique. Jusqu'ici la thermo-dynamique n'a guère fait que suivre les progrès des machines à vapeur et les expliquer. Il serait temps qu'elle portât son fanal à l'avant et montrât la voie à suivre au lieu de se borner à éclairer le chemin déjà parcouru.

Essais des rails. — Depuis 1878, le Gouvernement russe a imposé aux fournisseurs de l'État des épreuves plus sévères pour la fabrication des rails. Le programme de ces épreuves a été dressé par le professeur Belelubsky.

On commence par vérifier les dimensions des rails et observer leur aspect extérieur.

Les rails défectueux sont rejetés et les autres sont empilés par piles de 1,000 rails chacune. L'inspecteur prend trois rails dans chaque pile et de chacun de ces rails on coupe trois morceaux de $1^m,80$ de longueur. Un de ces morceaux est soumis à l'essai à la flexion et les deux autres à l'épreuve au choc à une température qui ne dépasse pas 10 degrés centigrades au-dessous de zéro ; pour réaliser cette condition, on refroidit artificiellement, s'il le faut, le rail dans une caisse de bois renfermant un mélange de glace et de sel marin. La température de la barre est mesurée par un thermomètre placé dans une cavité pratiquée dans le bout du rail et contenant du mercure.

Le bout à essayer à la flexion est placé sur deux supports écartés de $1^m,065$ et chargé au milieu pendant cinq minutes de la charge indiquée dans la colonne A du Tableau ci-après ; la flexion ne doit pas être inférieure à 3 millimètres et la flèche permanente supérieure à 2.

Les pièces qui ont subi cette épreuve d'une manière satisfaisante sont alors chargées des poids indiqués dans la colonne B du Tableau, poids qu'elles doivent supporter cinq minutes sans donner de signes de rupture. Les deux autres morceaux du même rail sont à leur tour placés sur les supports et, après avoir reçu deux coups d'un mouton pesant 420 kilogrammes tombant d'une hauteur indiquée dans la colonne C du Tableau, ne doivent montrer aucun indice de rupture. Enfin toutes les pièces qui ont résisté aux épreuves ci-dessus sont soumises jusques rupture au choc du mouton tombant successivement de C + 1 mètre précédent 2 mètres, etc.

Voici le Tableau qui donne les valeurs de A, B, pour les rails en fer ou en acier de divers poids par mètre courant.

NATURE DES RAILS	POIDS PAR MÈTRE COURANT	CHARGE A	CHARGE B	HAUTEUR C
	kilogr.	tonnes.	tonnes.	mètres.
Acier	23	9.00	13.92	1.45
	25	11.06	16.38	1.72
	27	13.10	19.66	1.98
	29	15.15	22.52	2.29
	32	17.20	25.39	2.59
Fer	27	9.00	11.47	1.22
	29	11.06	13.51	1.39
	32	13.10	16.38	1.60
	35	15.15	20.07	1.83

Si une proportion supérieure au tiers des pièces soumises aux épreuves n'y résiste pas, les 1,000 rails d'où elles proviennent sont refusés; si la proportion est égale ou inférieure au tiers, le fournisseur peut demander que le lot de 1,000 rails soit divisé en séries de 200 à 300, sur chacune desquelles on prend deux rails pour les éprouver de nouveau de la manière précédente.

A la suite d'une demande faite par la Société impériale technique russe, le cahier des charges a été modifié récemment dans quelques parties. Ainsi on a réduit la flèche permanente sous la charge B à 1 millimètre au lieu de 2; mais on a par contre rendu facultative l'épreuve à la flexion avec la charge B. Il y a également quelques modifications relatives aux températures d'épreuve.

Appareil pour mesurer la puissance des explosifs. — M. Whinery a décrit à la dernière réunion de l'institut américain des ingénieurs des mines un appareil pour déterminer la puissance relative des explosifs, lequel, quoique simple et même rudimentaire, donne des résultats très comparables à ceux obtenus dans des expériences délicates faites avec des moyens beaucoup plus coûteux.

Il s'agit simplement d'une enclume de forgeron hors d'usage, dans laquelle on a pratiqué un trou de 32 millimètres de diamètre et 70 de profondeur, dans lequel on place la charge de l'explosif à essayer; sur le trou est placé un marteau du genre de ceux dont on se sert pour frapper sur les barres à mines. Le manche du marteau porte à son extrémité un axe autour duquel il peut tourner dans un plan vertical, et le marteau porte un index qui fait glisser sur une tige verticale fixée à l'enclume un curseur qui n'est pas autre chose qu'un simple bouchon de liège. La hauteur à laquelle le bouchon est amené sur la tige par l'explosion donne une mesure relative de la force de l'explosion.

Viroles sans soudures pour chaudières. — On a depuis longtemps signalé l'intérêt qu'il y avait à employer pour les chaudières à vapeur des viroles circulaires d'une pièce, supprimant le joint par rivetage. On fait déjà des viroles soudées, mais un nouveau perfectionnement est la fabrication des viroles sans soudure laminées comme les bandages de roues.

On vient d'installer à Barrow un laminoir colossal destiné à confectionner des viroles de ce genre allant jusqu'à $4^m,88$ (16 pieds anglais) de diamètre, sur une longueur de $1^m,22$. Cet appareil ne pèse pas moins de 300 tonnes; il repose sur une plaque de fondation de 11 mètres de longueur sur $5^m,20$ de largeur, laquelle pèse à elle seule 90 tonnes. Les cylindres principaux du laminoir ont $0^m,560$ de diamètre et $1^m,22$ de longueur entre les joues, les portées de leur axe ont $0^m,305$ de diamètre. Les cylindres supérieurs ont $0^m,45$ de diamètre et peuvent se

déplacer verticalement de 0m,16 au moyen d'une commande hydraulique. Les cylindres principaux sont actionnés par le moteur, par l'intermédiaire d'une paire de roues d'angle qui pèsent 12 tonnes. Le moteur consiste en une paire de cylindres horizontaux de 1m,030 de diamètre et 1m,220 de course actionnant un arbre de 0m,40 de diamètre et 8 mètres de longueur; ces machines pèsent 140 tonnes et, à la vitesse de 100 révolutions par minute, pourraient développer une puissance de 3,000 chevaux indiqués sur les pistons.

Machines à triple expansion. — Les machines à triple expansion, dont nous avons déjà eu plusieurs fois l'occasion de parler prennent déjà un grand développement et s'appliquent aux puissances les plus considérables. Une des plus fortes, sinon même la plus forte construite jusqu'ici, est la machine d'un paquebot construit par la maison Elder de Gowan, près Glasgow, pour le Nord Deutscher Lloyd et destiné au service transatlantique entre Brême et New-York.

Le navire a été mis à l'eau il y a quelques jours; il a 138m,50 de longueur, 14m,75 de largeur et 11m,13 de creux; le tonnage *gross register* est de 5,500 tonneaux.

L'appareil moteur à pilon se compose de trois cylindres agissant chacun sur un coude de l'arbre.

Le cylindre à haute pression a 1m,113 de diamètre, le cylindre intermédiaire 1m,771 et le cylindre à basse pression 2m,73, la course étant la même pour les trois, 1m, 518, les volumes relatifs sont 1, 2,53 et 6.

Tous les cylindres ont des tiroirs cylindriques actionnés par un mécanisme du système Brye-Douglass. L'arbre est en trois pièces dont chacune forme un coude et on a pris l'excellente précaution de les faire toutes trois exactement semblables et pouvant être remplacées l'une par l'autre en cas de besoin; c'est une précieuse garantie contre les conséquences d'une rupture partielle de l'arbre de la machine. Ces parties ainsi que l'arbre intermédiaire et l'arbre de l'hélice sont en acier Wickers. Il y a deux pompes à air, commandées, l'une par le piston à haute pression, l'autre par le cylindre à basse pression, par l'intermédiaire de balanciers à la manière ordinaire. La circulation s'opère dans le condenseur par des pompes centrifuges actionnées par des machines compound spéciales; chacune débite 1,600 mètres cubes à l'heure; ces pompes peuvent épuiser la cale en cas de voie d'eau.

La vapeur est fournie à 10 kilogs 1/2 par six chaudières à double façade contenant chacune six foyers ondulés de Fox, total 36 foyers; ces chaudières sont entièrement en tôle d'acier. L'hélice est à quatre ailes en bronze au manganèse. La puissance prévue pour l'appareil n'est pas indiquée dans les journaux anglais où nous trouvons ces renseignements et qui se bornent à le qualifier de la plus puissante machine à triple expansion encore construite. Mais, d'après les données ci-dessus, on doit la considérer comme peu inférieure à 9,000 chevaux indiqués.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

DÉCEMBRE 1885

Rapport de M. Ed. Simon, sur le **couso-brodeur** de M. Bonnaz.

L'idée première du couso-brodeur ou machine à coudre, à broder et faire des cordons au point de chaînette, est due à Thimonnier, dont le premier brevet relatif à cette question remonte à 1830 (1).

On sait que le malheureux inventeur ne retira aucun profit de ses travaux.

M. Bonnaz, amené fortuitement à s'occuper du fonctionnement des machines Thimonnier, chercha à en corriger les défectuosités et, en en modifiant et perfectionnant les détails et de plus en complétant l'appareil par l'entraîneur universel, invention personnelle et tout à fait originale, il parvint à réaliser un appareil tout à fait pratique dont plus de 20,000 exemplaires ont été construits depuis 1863, époque du premier brevet Bonnaz.

Cette création est d'autant plus importante que cet engin fournit à notre industrie les moyens de créer de nombreux articles de fantaisie et d'utiliser, en leur donnant une plus-value notable, des tissus unis qui autrement fussent demeurés sans débouchés. Elle a donc amené un chiffre d'affaires bien supérieur à dix millions de francs.

Rapport de M. Rossigneux sur le livre de M. Émile Cacheux, intitulé *l'Économiste pratique.*

On sait que M. Cacheux s'est consacré depuis quinze ans à la propagation des moyens propres à l'amélioration du sort des classes laborieuses, notamment par la création de logements à bon marché; il est arrivé dans cet ordre d'idées à des résultats considérables.

Tout en s'occupant spécialement d'habitations ouvrières, M. Cacheux a cherché à créer une Société d'utilité publique dont le but serait de diminuer la fréquence et la durée des crises économiques que traversent périodiquement les peuples civilisés et, pour en faciliter la création, il a publié l'ouvrage qui fait l'objet de ce rapport.

(1) Voir sur l'origine de la machine à coudre, Chronique de février 1882, page 230.

Cet ouvrage contient quatre parties.

La première traite des habitations ouvrières, la seconde est consacrée à l'étude des moyens propres à assurer à une agglomération d'hommes un travail assez rémunérateur pour les assurer, eux et leurs familles, contre les diverses causes qui engendrent le paupérisme ; on y trouve des détails intéressants sur les crèches, salles d'asile et écoles maternelles.

La troisième partie est relative à l'alimentation économique, aux sociétés coopératives de consommation, de crédit et de production, aux bains et lavoirs publics, aux sociétés de secours mutuels, caisses de retraite et d'épargne, sociétés destinées à répandre, dans les classes laborieuses, l'instruction des adultes, la lecture, la musique, le chant, etc., les cercles populaires, etc.

La dernière partie est consacrée à l'étude des institutions de bienfaisance.

Le but que poursuit M. Cacheux n'est pas encore atteint, mais il ne désespère pas d'y arriver bientôt, grâce aux éléments dont il dispose.

L'ouvrage de M. Cacheux, *l'Économiste pratique*, a valu à son auteur un prix de l'Académie.

Rapport de M. Aimé Girard sur les **travaux de M. Livache relatifs à la siccavité des huiles.**

Les procédés employés pour rendre les huiles siccatives entraînent des procédés accompagnés d'inconvénients graves, sinon même des dangers.

En effet, à la température à laquelle on est obligé de chauffer les huiles, elles dégagent des vapeurs âcres et insupportables qui rendent le voisinage des usines très incommode ; de plus l'huile vient quelquefois à bouillir et à déborder, puis s'enflamme au contact des foyers et détermine des incendies. On n'a pas su, jusqu'ici, trouver un remède efficace à ces inconvénients.

M. Livache, dans l'étude de cette question, a pris pour point de départ un fait remarquable observé, il y a plus de trente-cinq ans, par M. Chevreul, c'est que les huiles se dessèchent à l'air plus vite sur une surface de plomb brillante que sur des surfaces de verre ou de bois ; il a pu, en mettant l'huile en contact avec du plomb divisé, découvrir : 1° une méthode permettant d'évaluer avec certitude le degré de siccavité des huiles et reconnaître, par suite, le mélange des huiles de cette sorte avec des huiles non siccatives ; 2° un procédé permettant de fabriquer avec facilité, à la température ordinaire, des huiles séchant très rapidement et à peine colorées ; 3° un procédé, enfin, qui permet de fabriquer et d'obtenir, avec une faible coloration, ces masses gommeuses que les fabricants de vernis, les fabricants de tapis et de tentures

imperméables, n'avaient pu obtenir jusqu'ici qu'en chauffant les huiles à des températures élevées, ou bien en les faisant couler lentement et pendant longtemps à la surface de toiles exposées au contact de l'air.

M. Livache emploie comme agent le plomb très divisé, tel qu'on l'obtient en précipitant le métal de ses dissolutions salines par le fer ou le zinc.

Ce rapport est suivi de deux notes de M. Livache, intitulées, la première : Emploi du plomb divisé pour reconnaître les huiles siccatives, fabrication à froid d'huile de lin séchant rapidement à l'air, et la seconde : Influence des métaux sur l'oxydation de l'huile de lin; préparation de l'huile de lin à divers degrés d'oxydation.

Extrait du rapport sur les **travaux des commissions piscicoles des États-Unis**, par M. H. Grosjean, inspecteur de l'enseignement agricole.

Nouvelle lampe à pétrole de Frankland. (Traduit du *Journal of Society of chemical industry*).

Cette lampe est caractérisée par la disposition du brûleur qui est formé d'un cylindre creux en porcelaine de 5 à 7 centimètres de longueur, dont la partie supérieure est aplatie et entaillée; ce cylindre est garni intérieurement d'un mélange de plâtre et de charbon de bois et traversé en son axe par un tube de verre qui contient la mèche formée d'un simple ruban de coton.

Lorsque la lampe est allumée, le cylindre en porcelaine s'échauffe et la flamme se développe considérablement.

On a trouvé qu'un litre d'huile de pétrole du Caucase produit, avec cette lampe, la lumière d'une bougie pendant 106 heures; cette huile coûtant 22 centimes le litre, c'est un peu plus de 1/5 de centime par heure. La flamme résiste très bien aux secousses et aux courants d'air, ce qui est un grand avantage dans certains cas.

Séparation de l'arsenic d'avec l'étain et l'antimoine. (Extrait du *Journal of Society of chemical industry.*)

Sur **deux nouveaux indicateurs pour doser alcalimétriquement les bases caustiques** en présence des carbonates, par MM. R. Engel et J. Ville. (Extrait du *Moniteur scientifique.*)

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

Décembre 1885

Observations sur **le régime des voies ferrées en Autriche-Hongrie,** extraites du rapport de mission de MM. Brame, inspecteur général et Weiss, ingénieur des ponts et chaussées.

Ces observations se rapportent notamment aux questions suivantes : le régime et la durée des concessions, le calcul et les épreuves des ponts métalliques, la voie, le système d'exploitation, l'exploitation commerciale, les chemins de fer d'intérêt local, les trains tramways et le contrôle de l'État sur les Compagnies.

Des signaux de chemins de fer en Autriche-Hongrie. Extrait du rapport de mission de MM. Brame, inspecteur général et Weiss, ingénieur des ponts et chaussées.

Compte rendu d'un rapport relatif à la mission remplie en Autriche-Hongrie par M. Brame, inspecteur général des ponts et chaussées, par M. Jacqmin, ingénieur en chef des ponts et chaussées, directeur de la Compagnie des chemins de fer de l'Est.

Note sur la **théorie de l'écoulement de l'eau par déversoirs,** par M. Kleitz, inspecteur général des ponts et chaussées en retraite.

L'objet de cette note est de donner une démonstration, que l'auteur croit exacte, de la formule en usage dans les cours d'hydraulique pour l'écoulement par déversoirs. Cette formule n'est jusqu'ici démontrée qu'approximativement et pour le cas seulement où le seuil du déversoir présente une surface horizontale d'une certaine largeur et dans l'hypothèse que l'eau coule sur cette surface par filets sensiblement parallèles; conditions qui sont rarement rencontrées dans les déversoirs qu'on construit dans la pratique.

De l'**entraînement et du transport par les eaux courantes des vases, sables et graviers,** analyse d'un mémoire de M. Vauthier, ingénieur des ponts et chaussées, par M. A. Durand-Claye, ingénieur en chef des ponts et chaussées.

Le mémoire de M. Vauthier a été publié dans le compte rendu du Congrès tenu en 1884 à Blois par l'Association française pour l'avancement des sciences, et une analyse en a été présentée à la Société des Ingénieurs civils par M. A Moreau dans la séance du 17 juillet 1885.

Note **sur le port d'Anvers**, par M. MAURICE WIDMER, ingénieur des Ponts et Chaussées.

Cette note contient d'intéressants détails sur les établissements de radoub, les appareils de déchargement et des renseignements statistiques et commerciaux sur le mouvement maritime du grand port belge.

Note sur la **démolition d'un mur de quai au Havre**, par M. DESPREZ, ingénieur des Ponts et Chaussées.

Les Ingénieurs des pays d'états au XVIII^e siècle, par M. TARBÉ DE SAINT-HARDOUIN, inspecteur général des Ponts et Chaussées en retraite.

SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DE MULHOUSE

NOVEMBRE-DÉCEMBRE 1885.

Rapport sur **l'impôt des opérations de bourse, achats et ventes de valeurs ou de marchandises**, présenté à la Société industrielle au nom du comité de commerce, par M. MAX FREY.

Distribution d'eau de la ville de Mulhouse. Communication faite à la Société industrielle par M. MOSMAN, architecte de la ville de Mulhouse.

L'administration municipale de la ville de Mulhouse décida, en 1876, l'établissement d'une distribution d'eau communale répondant à tous les besoins du présent et de l'avenir d'une population comptant 64,000 habitants, au recensement de 1880, et devant atteindre assez prochainement 100,000.

Le volume d'eau à fournir fut fixé à 150 litres par tête pour 100,000 habitants soit 15,000 mètres cubes par vingt-quatre heures, plus 1800 pour l'arrosage, total 17,000 mètres cubes en nombres ronds.

On ne pouvait songer pour ce volume d'eau qu'à la Doller; on décida de tirer l'eau du sous-sol de cette rivière, dans le voisinage de Mulhouse et de l'élever artificiellement au moyen de moteurs à vapeur.

Des travaux préalables, consistant en creusement de puits d'essais, exécution de tranchées et pose de drains, firent reconnaître qu'avec deux puits, distancés de 300 mètres, on pourrait mettre la nappe sou-

terraine à contribution sur une surface de près de 35 hectares et avoir le volume de 17,000 mètres cubes par vingt-quatre heures assuré par tous les temps.

Les machines sont installées à côté du puits principal et refoulent l'eau dans le réseau de la canalisation, le réservoir étant au delà de la ville; la conduite de refoulement sert donc en même temps de conduite de distribution.

La différence de niveau entre les points les plus hauts et les plus bas étant de 85 mètres, on a dû établir un service de distribution à deux étages, presque tout le volume devant être consommé dans la ville basse pour laquelle suffit une élévation à 30 à 35 mètres.

On a donc construit deux réservoirs, l'un à 35 mètres, l'autre à 85. Une machine spéciale placée à côté du premier réservoir élève l'eau dans le second par une conduite spéciale de 200 millimètres de diamètre et 1,060 mètres de longueur.

Le réservoir inférieur, d'une capacité de 10,000 mètres cubes, est creusé dans le sol et formé de voûtes en briques et ciment reposant sur des piliers de même nature.

Le réservoir supérieur à 1,800 mètres cubes de capacité, il est construit de la même manière que le précédent.

La conduite de refoulement a, entre la prise d'eau et le réservoir, une longueur de 6,481 mètres dont 4,449 en tuyaux de 500 millimètres de diamètre et 1,031 en tuyaux de 550 millimètres. A l'entrée de la ville s'en détachent, l'une à droite, l'autre à gauche, deux autres de 350 millimètres qui se ressoudent à la conduite principale à la sortie de la ville. C'est dans les parties à conduite unique qu'est employé le diamètre de 550 millimètres.

La conduite principale et les conduites latérales sont reliées entre elles transversalement par trois conduites de 250 millimètres; les conduites secondaires ont 200, 175, 150, 125 et 100 millimètres.

Les conduites franchissent plusieurs fois, le chemin de fer, le canal du Rhône au Rhin et le canal de décharge de l'Ill, ces passages se font par des tuyaux placés en dessous et enveloppés de béton. Le développement du bas service est de 66 kilomètres, celui du haut de 10 kilomètres, total 76.

Le haut service est en conduites de 250, 175, 150, 125, 100 et 80 millimètres.

La dépense totale s'est élevée à 2,400,000 francs en nombres ronds, dont 1,250,000 pour la canalisation et 350,000 pour les machines élévatoires et leurs bâtiments.

Note descriptive sur **les machines hydrauliques pour l'alimentation de la ville de Mulhouse**, par M. Gorrich.

Les deux installations des machines dont il a été question plus haut ont été faites par la Société alsacienne de constructions mécaniques.

Les machines du bas service prévues pour élever 17,000 mètres cubes par 24 heures, sont actuellement au nombre de deux (une troisième devant être établie plus tard); chaque machine, du type horizontal, a un cylindre à haute pression de $0^m,475$ et un cylindre à basse pression de $0^m,675$. la course étant pour les deux de 1 mètre; chaque cylindre a son mécanisme et actionne une manivelle placée à l'extrémité de l'arbre du volant, les deux manivelles sont calées à angle droit. Les cylindres sont à enveloppe de vapeur dans la partie circulaire et dans les fonds. La vapeur est distribuée sur chaque cylindre par quatre tiroirs plats mus par des excentriques, avec déclenchement rapide réglé par le régulateur pour les tiroirs d'admission. Il y a entre les deux cylindres un réservoir intermédiaire chauffé par une enveloppe de vapeur; la pompe à air, à simple effet, est commandée par l'arbre moteur à l'aide d'une contre-manivelle spéciale.

Les pompes à eau sont placées derrière les cylindres à vapeur et actionnées directement par le prolongement des tiges de ces derniers. Ces pompes sont à double effet et à piston plongeur, du type Girard; les plongeurs ont 235 millimètres de diamètre. Chaque jeu de soupapes se compose de trois clapets circulaires en fonte garnis de rondelles de cuir et reposant sur trois sièges superposés; la levée des clapets n'est que de 8 millimètres pour une section de passage supérieure à la section du plongeur.

Il y a trois chaudières à bouilleurs dont les corps ont $1^m,200$ de diamètre et 7 mètres de longueur et les bouilleurs, au nombre de trois par chaudière, $0^m,550$ de diamètre et 8 mètres de longueur; la surface de chauffe est de 46 mètres carrés pour chaque chaudière et le timbre de 6 1/2 kilogrammes.

Les machines du service haut sont au nombre de deux. Chacune comporte une machine Compound à deux cylindres superposés, le grand horizontal et le petit au-dessus du premier et légèrement incliné, les deux bielles attaquant la même manivelle; les cylindres ont 160 et 320 millimètres de diamètre et 550 de course; la machine fait 93 tours par minute et son arbre commande par des roues droites, marchant bois sur fonte avec ralentissement à 30 tours, l'arbre moteur d'une pompe à double effet horizontale de 230 millimètres de diamètre et 600 de course. La distribution de la vapeur se fait dans la machine par des tiroirs mus par des excentriques; le petit cylindre a un tiroir spécial de détente superposé au tiroir de distribution et mû par un levier à coulisse dans lequel le régulateur déplace un coulisseau.

La vapeur est fournie par deux chaudières tubulaires, type Thomas et Laurens, de 26 mètres carrés chacune de surface de chauffe.

Aux essais de réception, les machines du bas service, marchant à

27 tours, ont donné un débit de 75.8 litres par seconde au lieu de 65, prévus au cahier des charges, le rendement a été en volume de 97 à 98 pour 100. La vitesse a pu être poussée jusqu'à 36 tours sans donner lieu à des chocs. La dépense de vapeur a été trouvée de 7.50 kilogr par heure et par cheval indiqué, et 8.85 par cheval en eau montée, la dépense prévue au cahier des charges étant de 10 kilogs pour le second cas.

Recherches sur les **xylidines**, par MM. NOELTING et FOREL.

Recherches sur les **amidoazoxylènes**, par MM. NOELTING et FOREL.

Observations sur la **coloration rouge des pièces de coton** imprimées en noir d'aniline, par M. FÉLIX WEBER.

Note sur un **substitut de l'émétique**, par M. A. KERTEZ.

Rapport sur une note de M. KERTEZ, relative à un **substitut de l'émétique**, par M. FÉLIX WEBER.

Rapport fait au nom du comité de chimie sur les **impressions gaufrées de MM. Vignet et fils**, de Lyon, par M. ALBERT SCHEURER.

Rapport sur la **marche de l'École supérieure de chimie** pendant l'année 1884-1885, présenté à la Société industrielle par M. KUHLMANN.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 4. — 23 *Janvier* 1886.

Machines des industries textiles à l'Exposition universelle d'Anvers en 1885, par Ernst Müller.

Exposition universelle d'Anvers, par Ernst Brauer *(suite)*.

Electricité. — Appareils d'induction, par Rich. Rühlmann.

Groupe de Hanovre. — Machine à écrire de Hansen. — Grenades pour l'extinction du feu.

Groupe de la Lenne. — Chaudières à tubes.

Patentes.

Bibliographie. — Chauffage et ventilation rationnels, par le docteur Deny.

Variétés. — Explosions de chaudières dans l'empire d'Allemagne en 1884.

N° 5. — 30 *Janvier* 1886.

Machines des industries textiles à l'Exposition universelle d'Anvers en 1885, par Ernst Müller *(suite)*.

Fours à griller la blende avec dispositions pour recueillir le soufre, par R. Hasenclever.

Chemins de fer. — Nouvelles dispositions de locomotives.

Résistance et déformation d'un anneau circulaire, par M. Westphal.

Mouvement de distribution à détente fixe pour locomobiles à deux cylindres, par F. Gieseler.

Travail d'aspiration de la pompe à air d'une machine à vapeur.

Groupe de Siegen. — Chaudières à tubes. — Clapets d'alimentation.

Patentes.

Bibliographie. — Machines d'extraction, de Julius R. v. Hauer.

N° 6. — 6 *Février* 1886.

Exposition universelle d'Anvers, par Ernst Brauer *(fin)*.

Machines des industries textiles à l'Exposition universelle d'Anvers en 1885, par Ernst Müller *(suite)*.

Tables pour les formules de Clausius relatives à l'acide carbonique, par Ad. Blümcke.

Groupe de Cologne. — Perfectionnement récents dans la fabrication du sucre.

Groupe de Mannheim.

Groupe de Saxe-Anhalt. — Malterie de Wrede à Cöthen. — Distri-

bution d'eau de Cologne. — Épuration des eaux d'alimentation des chaudières.

Patentes.

Bibliographie. — Chauffage et ventilation des écoles, de Hermann Rietschel. — Ouvrages adressés à la Rédaction.

Variétés. — Lancements et essais de navires. — Lignes allemandes de navigation subventionnées. — Ordonnance de police concernant l'emploi des appareils à force centrifuge. — Expériences de vaporisation.

N° 7. — 13 *Février* 1886.

Appareil pour les essais de résistance des matériaux, par W. Hansen.

Chemins de fer. — Nouvelles dispositions de locomotives.

Électro-technique. — Progrès dans la construction des lampes à incandescence.

Modifications dans la résistance et l'élasticité du fer et de l'acier avec la température.

Machine à fraiser, par J. E. Reinecker.

Groupe de Carlsruhe. — Voies portatives pour chemins de fer.

Groupe du Rhin inférieur. — Moyen de parer aux inconvénients des vapeurs acides provenant des fours de grillage.

Patentes.

Variétés. — Production minière de la Prusse de 1880 à 1884. — Graissage des boutons de manivelles. — Production des mines, salines et usines métallurgique en Prusse en 1884.

Le Rédacteur de la Chronique,

A. Mallet.

IMPRIMERIE CHAIX, 20, RUE BERGÈRE, PARIS. — 5063-6.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

MARS 1886

N° 3

Sommaire des séances du mois de mars 1886 :

1° *Mesures à prendre en ce qui concerne la sécurité des voyageurs en chemin de fer*, par MM. Armengaud jeune et Boudenoot (Séance des 5 et 19 mars, pages 202 et 232) ;

2° *Nouveau système de locomotive*, par M. Crampton (Séance du 5 mars, page 204) ;

3° *Considérations générales sur la future Exposition universelle*, par M. Lavezzari (Séance du 5 mars, page 207) ;

4° *Banquet commémoratif du trente-huitième anniversaire de la fondation de la Société*. Toasts de MM. Hersent, de Comberousse, Eiffel et Max de Nansouty (Séance du 5 mars, page 226) ;

5° *Notice nécrologique* sur M. Félix Le Blanc, par M. Max de Nansouty (Séance du 15 mars, page 231) ;

6° *Circulaire concernant l'éducation pratique des Ingénieurs-mécaniciens*, adressée par M. Paur, au nom de l'*Association des anciens élèves de l'École Polytechnique de Zurich* (Séance du 19 mars, page 235),

7° *Principes théoriques et conditions techniques de l'application de l'Électricité dynamique au transport et à la distribution automatique de l'Énergie sous ses principales formes*, par M. Cabanellas (Séance du 19 mars, page 236).

Pendant le mois de mars la Société a reçu :

De M. Guettier, membre de la Société, un exemplaire de son ouvrage intitulé : *Le Menuisier Modeleur Mécanicien* (Texte et atlas) ;

De M. Jules Gaudard, ingénieur, un exemplaire de sa brochure sur *les Principaux Systèmes de barrages mobiles de Rivières* ;

De M. Max de Nansouty, membre de la Société, un exemplaire du projet de rapport sur le *Laboratoire central d'Électricité ;*

De M. Melon, membre de la Société, deux exemplaires d'une note sur le *Compteur à Gaz ;*

De M. Delaporte Georges, membre de la Société, un exemplaire de sa notice sur un nouvel éclairage par l'*Électric-Gas*, lumière simili-électrique sans l'électricité ;

De M. Gouilly, membre de la Société, un exemplaire d'une leçon sur l'*Énergie et le Rendement des machines ;*

De M. Arnoux René, un exemplaire de sa note sur les *Rendements mécaniques et électriques* obtenus dans les dernières expériences de Creil ;

De M. Bourry Émile, membre de la Société, un exemplaire de sa brochure sur la *Plasticité des argiles au point de vue du fabricant de terres cuites ;*

De M. Riffard, ingénieur, un exemplaire de sa conférence sur le *Développement de l'agriculture et de l'industrie à la République Argentine.*

Les Membres nouvellement admis sont :

MM. Bauer,	présenté par	MM. Morandière, de Salis et E. Trélat.
Blanchod,	—	Hersent, Jouffrey et Périssé.
Chateau (Jean),	—	Chateau, Collin et A. Farcot.
Chateau (Cyprien),	—	Chateau, Collin et A. Farcot.
Delgobe,	—	Hallopeau, Olivier et Périssé.
Fava,	—	Bougault, Denis et Max Lyon.
Flachat (Eugène),	—	Chabrier, de Comberousse, et I. Flachat.
Ladret,	—	Lepany, Mathieu et Max de Nansouty.
Lagard,	—	Carimantrand, Mallet et Marché.
Lafut,	—	Hersent, Poncin et Vergnol.
Lavallé-Poussin,	—	Gottereau, Lavallée, Poussin et Lenique.
Marry,	—	Carimantrand, Mallet et Marché.
Rechniewski,	—	Brochocki, Hersent et Noël.
Riffard,	—	Avisse, Gallois et Tardieu.
Salles,	—	Charton, Eiffel et Hersent.
Schœnstein,	—	Bougault, Denis et Max Lyon.
Steinheil,	—	Franck de Preaumont, Steinheil et Vallot.

Comme Membres associés :

M. Domange, présenté par MM. Hallopeau, Olivier et Périssé.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE MARS 1886

Séance du 5 mars 1886.

Présidence de M. CONTAMIN, *vice-président*.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

M. LE PRÉSIDENT. Messieurs, notre honorable président M. Hersent, empêché d'assister à cette séance, m'a prié d'excuser auprès de vous son absence et de le remplacer dans ce fauteuil. Avant de m'y asseoir, permettez-moi de vous exprimer ma très grande reconnaissance pour les témoignages de sympathie et d'estime que vous avez bien voulu me donner en m'appelant à l'une des vice-présidences de notre Société, témoignages auxquels j'ai été d'autant plus sensible qu'ils étaient plus inattendus pour moi, beaucoup de nos camarades et amis ayant des titres au moins égaux à ceux que je pouvais présenter.

Vous avez pensé, sans doute, qu'il pouvait être intéressant pour nos discussions d'associer plus intimement aux travaux de votre Bureau un collègue appartenant à la grande famille des chemins de fer, et en même temps l'un des représentants de cette science de la Résistance des matériaux à la quelle nous faisons tant d'emprunts dans notre vie d'ingénieur, et vous vous êtes dit qu'en échange de l'honneur que vous lui faisiez, vous pourriez compter sur tout son dévouement; ce dévouement vous est tout acquis; j'ai été on ne peut plus touché du témoignage de confiance que vous m'avez donné, et je vous en remercie de tout cœur. (*Applaudissements.*)

M. DE BRUIGNAC demande la parole sur le procès-verbal. Il n'a pas de rectification à faire au sujet de ses paroles, qui ont été suffisamment reproduites; il ne doit pas en faire au sujet de celles de M. Gouilly, puisque celui-ci ne réclame pas. Mais il tient à faire remarquer que le procès-verbal révèle des malentendus considérables en

quelques points. M. de Bruignac croyait avoir bien compris les paroles de M. Gouilly et il a répondu à ce qu'il avait compris. Mais voici que le procès-verbal lui montre que la pensée de M. Gouilly était, en certains points, tout autre. C'est un accident regrettable. Il désire, sans rentrer aucunement dans la discussion, et en quelques mots seulement, préciser ce malentendu par deux exemples.

M. LE PRÉSIDENT répond que la discussion dont parle M. de Bruignac s'est présentée sous un aspect défavorable parce que la communication de M. Gouilly aurait demandé à être étudiée avant d'être discutée. M. de Bruignac a lui-même reconnu qu'ayant lu au préalable le mémoire de M. Gouilly, il faisait des objections sur certaines questions que ce dernier n'avait pas traitées séance tenante, mais seulement dans sa note. M. le Président pense qu'il ne convient pas, même par une simple citation, de rentrer dans une discussion actuellement suspendue.

M. DE BRUIGNAC s'empresse de déférer à la volonté de M. le Président. Il résume ainsi sa remarque : il résulte du procès-verbal qu'il y a eu, en certains points importants de la discussion entre MM. Gouilly et de Bruignac, non pas désaccord, mais pur malentendu ; tandis que ces messieurs croyaient se répondre, ils parlaient l'un d'une chose, l'autre d'une autre. Il est nécessaire de constater cette confusion au moment où la discussion est suspendue. M. de Bruignac espère que la discussion aura l'occasion d'être reprise.

M. LE PRÉSIDENT dit que cette observation sera mentionnée au procès-verbal, et ajoute que l'incident doit être clos, la question des hélices propulsives étant assez importante pour que la discussion puisse être ouverte à nouveau dans une séance ultérieure.

M. GOUILLY demande la permission d'ajouter un seul mot. Ces apparences de malentendu que mentionne M. de Bruignac résultent de ce que celui-ci a repris, devant la Société, certaines questions qu'il avait traitées dans son mémoire et dont M. Gouilly n'avait pas parlé dans sa communication.

M. EDMOND COIGNET se plaint qu'une observation qu'il a présentée dans la dernière séance, au sujet d'une réflexion de M. Lencauchez, ait été rendue dans le procès-verbal d'une manière incomplète.

M. LE PRÉSIDENT répond qu'en tronquant les paroles de M. Coignet, M. Hersent s'est inspiré du paragraphe 5 de l'article 2 des statuts qui stipule que la Société des Ingénieurs civils a notamment pour but : « D'entretenir des relations suivies et un esprit de fraternité entre tous les membres. »

Le procès-verbal de la dernière séance est adopté sous le bénéfice des observations qui précèdent.

M. LE PRÉSIDENT a le regret d'annoncer à la Société les décès de MM. Quéruel, Giquel et Boudard (Arthur).

La nouvelle de la mort de M. Quéruel est arrivée trop tard pour qu'il soit possible de rendre aujourd'hui le témoignage que la Société doit à la mémoire d'un de ses membres les plus attachés et les plus assidus aux réunions. Ce devoir sera rempli, dans l'une des prochaines séances, par un de nos collègues. Il en sera de même du souvenir affectueux que nous devons accorder à M. Giquel qui a rendu de si grands services à l'influence française en extrême Orient, et à M. Boudard si sympathique à tous ceux qui l'ont connu.

M. LE PRÉSIDENT est heureux d'annoncer que MM. Cacheux et Malat ont été nommés officiers de l'ordre de Bolivie ; M. Malat a reçu, de plus, la croix de chevalier de l'ordre du Cambodge. Il demande ensuite la permission, avant de passer à l'ordre du jour, de donner la parole à M. Armengaud jeune pour une communication très intéressante, mais également très courte.

M. ARMENGAUD n'a en effet que quelques mots à dire sur une question qui intéresse tout le monde en général et plus particulièrement la Société.

Chacun sait qu'à la suite de l'émotion très légitime provoquée par le meurtre de M. Barrême, préfet de l'Eure, la Chambre a voté, après discussion, un ordre du jour de M. Laur, député, approuvant les déclarations du Gouvernement relatives aux mesures à prendre en ce qui concerne la sécurité des voyageurs.

C'est pour se conformer à cette décision, que M. le Ministre des travaux publics, statuant sur un rapport adressé le 25 janvier 1886 par M. Lax, Directeur des chemins de fer, a chargé une Commission spéciale d'étudier les mesures à prendre pour assurer aux voyageurs en chemin de fer de nouvelles garanties de protection et de sécurité. Grâce à l'esprit libéral de M. le Ministre des travaux publics, cette Commission a été composée d'un nombre égal d'ingénieurs de l'État et d'ingénieurs civils, membres de la Société. Ce choix est un hommage rendu à notre Société et au rôle utile et fécond que la plupart de ses membres ont joué dans cette grande industrie des chemins de fer. (*Marques d'assentiment.*)

Dès le début, la Commission, présidée par M. Brame, Inspecteur général des ponts et chaussées, a dressé un questionnaire qui est en quelque sorte le programme des travaux auxquels elle doit se livrer, et le développement des trois points principaux visés dans le rapport de M. Lax, savoir :

1° Les perfectionnements à apporter aux signaux d'appel constituant les moyens « d'intercommunication » des agents des trains entre eux et avec les voyageurs ;

2° Les modifications à faire subir au matériel roulant afin d'établir des communications permanentes ou facultatives, soit entre les compartiments contigus d'une même voiture, soit entre les voitures d'un même train ;

3° Les moyens propres à faciliter la surveillance et le contrôle le long des voitures pendant la marche d'un train.

C'est ce document que M. Armengaud, avec l'autorisation de la Commission, a l'honneur de déposer sur le bureau de l'Assemblée, en invitant ses collègues de la Société à étudier de leur côté, avec la compétence qui les caractérise, les problèmes difficiles qui se posent de nouveau à l'attention des Ingénieurs, relativement à la protection des voyageurs en chemin de fer. Il est certain que les discussions auxquelles donneront lieu les communications qui pourront être faites à la Société, fourniront des indications précieuses pour la solution des questions sur lesquelles la Commission est appelée à donner son avis.

Il ajoute que, sur sa demande, on va procéder à des expériences qui ne manqueront pas d'intérêt. Il a été frappé et préoccupé de ce fait, que tous les moyens en usage pour faciliter l'intercommunication exigent toujours le concours de la personne qui va être l'objet d'un attentat quelconque : il faut, soit presser sur un bouton, soit faire un signal déterminé. Il est évident que ces moyens ne sont ni commodes, ni efficaces.

M. Armengaud s'est demandé si on ne pourrait pas faire en sorte que, sans l'intervention du voyageur en danger, et malgré les personnes qui sont dans le même compartiment, le conducteur du train fût averti de ce qui se passe dans le compartiment.

Il a pensé qu'en s'inspirant de la merveilleuse invention du téléphone, on arriverait probablement à ce résultat à l'aide d'un appareil microphonique recueillant les sons et les transmettant à un récepteur placé à proximité du conducteur du train. Les choses pourraient être disposées de façon que ce dernier entendît les bruits résultant d'une rixe, d'une lutte, et seulement ces bruits, car on peut, en effet, régler les appareils, téléphoniques de manière à diminuer ou à augmenter leur sensibilité.

C'est à ce sujet que des expériences vont être faites sur la ligne du Nord avec le très bienveillant concours de M. Banderali et de M. Berthon, directeur de la Société des Téléphones.

M. Armengaud va plus loin, il exprime l'espoir qu'un jour on imaginera un appareil qui permettra au conducteur de voir à distance dans l'intérieur des compartiments.

On pourrait utiliser à cet effet les propriétés électriques du sélénium, sur lesquelles est fondé le photophone de Bell, au sujet duquel M. Armengaud a fait, il y a quelques années, une communication à la Société.

Il n'y aurait pas grand inconvénient, au point de vue des indiscrétions, à ce qu'on pût ainsi voir à distance, attendu que déjà, dans les voitures à couloir, les voyageurs peuvent circuler, et les employés vérifier ce qui se passe dans les compartiments.

Cependant M. Armengaud pense qu'on doit préférer le moyen qu'il a

indiqué, et qui a pour effet d'augmenter la sécurité des voyageurs sans créer une gêne pour eux.

M. Armengaud fait remarquer, en terminant, qu'il serait désirable que la discussion se produisît prochainement,— car le Ministre a assigné à la Commission un délai de trois mois pour remettre son rapport, et le concours de toutes les bonnes volontés ne doit pas se faire attendre dans une question qui intéresse à un si haut degré la sécurité publique. *(Applaudissements.)*

M. le Président remercie M. Armengaud de son intéressante communication, et dit que la Société sera heureuse de répondre au désir qui vient d'être exprimé.

M. le Président ajoute que notre collègue M. Crampton, en ce moment à Paris, veut bien nous laisser un souvenir de son passage en nous donnant quelques indications sur une nouvelle locomotive à grande vitesse, de son système. Il demande en conséquence à M. Lavezzari et à l'Assemblée la permission de donner la parole à M. Brüll qui parlera au nom de M. Crampton.

M. Brull s'excuse d'interrompre un instant l'ordre du jour de la séance.

Notre éminent collègue de Londres, M. Crampton, est à Paris pour quelques jours, et lui a confié l'honneur de décrire sommairement à la Société son nouveau type de locomotive.

On se souvient que M. Crampton est venu, vers 1848, à Paris, apporter une locomotive nouvelle, qui avait pour but la traction des trains express.

La locomotive de M. Crampton différait des autres par la dimension des roues motrices, qui avaient 2^m 10 de diamètre et permettaient, avec un nombre de tours limité, d'atteindre une grande vitesse. Ces roues étaient placées à l'arrière du foyer. Le mécanisme était extérieur ; non seulement les pistons, les cylindres, mais aussi la distribution, les boîtes à graisse, les paliers, tout cela était placé sous l'œil et la surveillance du mécanicien.

De plus, un point particulier a été signalé à cette époque par M. Crampton : c'est l'importance qu'il y avait à appliquer les glissières au-dessous du centre de gravité de la locomotive, pour éviter que les actions verticales dues à l'obliquité de la bielle ne produisent ce mouvement de galop qui fatigue la machine et éprouve la voie.

Cette locomotive Crampton, que tous connaissent, a trouvé faveur dans notre pays; la plupart des grandes lignes de chemins de fer l'ont adoptée. Les résultats donnés par l'application de ce système ont été considérables : d'abord les trains express ont été très régulièrement desservis par ces locomotives; puis les frais d'entretien, grâce à la disposition extérieure du mécanisme, ont été modérés; la consommation de combustible a été favorable. M. Crampton a obtenu sur ces points des communi-

cations de la Compagnie de l'Est, qui sont fort probantes. Cette Compagnie a 39 locomotives Crampton, en service régulier depuis 1849. Ces locomotives ont été,pendant cette longue durée, l'objet de constatations très régulières desquelles il ressortirait que, en prenant la moyenne générale de ces 39 machines, tant de celles qui sont en service que de celles qui sont en réparation, on trouve pour les frais d'entretien, de réparation et même de réfection d'une locomotive, 0 fr. 08 par kilomètre de train. De plus, la consommation de combustible par kilomètre de train a été d'un peu moins de 7 kilog. 5 en moyenne générale.Ces deux chiffres en disent beaucoup sur le mérite et la valeur de l'invention de 1848.

Mais, cette locomotive Crampton a vieilli: les conditions d'exploitation des chemins de fer ont changé; la voie est beaucoup plus robuste qu'autrefois. La charge de 10,000 kilogrammes sur les roues motrices est devenue insuffisante. La vitesse a augmenté et aussi le nombre des voyageurs qui veulent aller vite, de sorte que,pour ne pas multiplier par trop les trains rapides, il a fallu les charger davantage. De là des tentatives pour augmenter l'adhérence.

On a porté la charge de l'essieu moteur jusqu'à 14 et 15 tonnes; mais, ce n'était là qu'un palliatif, et il a fallu bientôt combiner un système de locomotives ayant un poids adhérent encore plus considérable. Les locomotives de nos trains rapides ont presque toutes aujourd'hui deux paires de roues de grand diamètre accouplées; mais, cette solution ne donne pas une satisfaction complète.

M. Crampton, qui avait si bien réussi dans sa combinaison de 1848, avait pu se tenir pour satisfait; aussi avait-il cessé à peu près complètement de s'occuper de chemins de fer, pour se livrer à des travaux dont quelques-uns sont connus de la Société : il a fait des recherches sur l'utilisation des combustibles menus, il a présenté un projet ingénieux pour le percement du canal sous-marin. Mais, dans ces dernières années, voyant les nouveaux besoins de l'exploitation des chemins de fer et comprenant l'importance qu'il y aurait à combiner un nouveau système de locomotive, il a composé la machine à grande vitesse et à forte charge dont il nous communique aujourd'hui la primeur.

Cette locomotive est le doublement de la Crampton primitive. Il y a deux paires de roues de 2^m 10 de diamètre environ, et, sur ces essieux distants d'environ quatre mètres, il s'agit d'établir une chaudière de 140 à 150 mètres carrés de surface de chauffe, comme il convient à la traction à opérer et à la vitesse à atteindre. Pour résoudre ce problème nouveau, M. Crampton a eu recours à une chaudière qui a fait ses preuves, la chaudière marine à grande pression, c'est-à-dire la chaudière composée de deux corps : l'un inférieur, renfermant le foyer, de toute la longueur de la chaudière, foyer en tôle ondulée comme on en fait en Angleterre, dans l'établissement de M. Fox, et enveloppé d'eau de toutes parts, et, au-dessus, un faisceau tubulaire d'une longueur de

3m 50 à 4 mètres, et, pour terminer le tout, une cheminée, ou plutôt une cheminée double. En dehors de ces deux roues motrices, la locomotive, dont le poids sera probablement supérieur à deux fois treize, quatorze ou quinze tonnes, aura besoin d'autres roues porteuses. C'est là un détail pour lequel M. Crampton a imaginé diverses solutions. On voit sur le tableau des locomotives à tender séparé et des machines-tender que M. Mallet a bien voulu dessiner à l'échelle du quart.

Pour actionner ces deux roues motrices, M. Crampton emploie quatre cylindres : les deux cylindres de droite, placés l'un derrière l'autre, actionnent la roue d'avant, et l'actionnent par deux boutons de manivelle opposés à 180 degrés l'un de l'autre. Dans cette disposition qu'on n'avait pas pu faire réussir jusqu'à présent, il y a un avantage considérable : c'est que l'effort de la vapeur dans ces deux cylindres placés latéralement très près l'un de l'autre, et fondus d'une seule pièce, transmis par deux tiges, et deux bielles attaquant les deux boutons de manivelle très voisins l'un de l'autre, ne produit guère qu'un simple couple, presque sans action sur les boîtes à graisse. De plus, l'effort de torsion exercé sur l'essieu se produit toujours dans le même sens et non plus dans les deux sens alternativement, comme cela a lieu d'ordinaire au détriment de la durée des essieux. L'autre paire de cylindres à gauche actionne de même la paire de roues d'arrière. Le mécanisme de ces deux paires de cylindres est extérieur; la plate-forme du mécanicien est placée à l'une et à l'autre extrémité de la chaudière, ce qui permet au besoin, si on trouvait trop grande la longueur de quatre mètres de la grille, l'emploi de deux chauffeurs et de deux grilles. Pour que les échappements de ces quatre cylindres ne puissent se gêner dans la cheminée, M. Crampton dispose deux cheminées; il les place latéralement, c'est-à-dire que la cheminée est double dans le sens transversal.

Les pièces mécaniques sont extérieures, et la locomotive conserve les avantages réalisés sous ce rapport dans l première création de M. Crampton.

Chaque paire de cylindres peut recevoir directement la vapeur de la chaudière ou bien fonctionner suivant le système Compound.

Une objection viendrait naturellement à l'esprit. Ces deux cylindres qui attaquent aux deux extrémités d'un même diamètre une seule et même roue, pourraient refuser le démarrage. Ce problème pour lequel M. Brull croit qu'il n'existe encore aucune solution pratique, M. Crampton apporte un moyen nouveau de le traiter. Il emploie un petit cylindre à vapeur vertical, qui peut servir en même temps à manœuvrer le frein.

La tige du piston fait monter et descendre les extrémités de deux bielles horizontales, qui tournent autour des axes des essieux moteurs. Ces bielles portent chacune un encliquetage à la Dobo, qui attaque le boudin de la roue : l'entraînement est certain; avec un petit nom-

bre de coups de piston de cet appareil, on changera la position des roues jusqu'à ce que l'action de la vapeur dans les cylindres moteurs puisse produire le démarrage.

M. Crampton n'a pas eu le temps encore de préparer, pour la Société, une note descriptive ; mais il veut bien promettre de communiquer plus tard un Mémoire avec des dessins complets, et il désire soumettre ce système nouveau à l'appréciation si éclairée des membres de la Société. *(Applaudissements.)*

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Crampton du témoignage de sympathie qu'il vient de donner à la Société, en lui apportant la primeur des recherches qu'il vient de faire pour créer une nouvelle machine à grande puissance et à grande vitesse. Cette communication sera étudiée avec tout le soin dû à la grande considération dont jouit son auteur, et donnera lieu à une discussion ultérieure qui sera certainement des plus intéressantes.

M. LE PRÉSIDENT donne ensuite la parole à M. Lavezzari pour qu'il expose ses *considérations générales sur la future Exposition universelle.*

M. LAVEZZARI. — Messieurs, mon intention n'est pas de rechercher s'il convient qu'une Exposition universelle ait lieu en 1889, ou à toute autre date. Je me propose d'étudier simplement ce que devrait être une Exposition future pour s'assurer des chances de succès.

Mon but est bien moins de faire connaître mon avis, qui importe peu, que de provoquer une discussion qui serait tout à fait dans les traditions de notre Société. Nos archives sont là pour montrer quelle large part avait été faite dans nos travaux à la question des eaux de Paris, à celle des rachats des chemins de fer, des égouts; toutes questions qui ont eu leur heure d'actualité, comme l'a maintenant celle de l'Exposition.

Sitôt qu'il a été question de faire une Exposition universelle, sans cependant qu'aucun concours fût ouvert, les esprits se sont éveillés, les projets ont surgi de tous côtés; aucun programme officiel n'était déterminé, et cette circonstance a certainement évité à cette Commission un travail bien inutile.

Ces programmes sont, en effet, élaborés en commun par des rédacteurs qui se font des concessions réciproques ; l'ingénieur qui y cherche sa direction, y découvre des incompatibilités, ou trouve mieux que l'indication officielle; et de là pour lui l'alternative forcée ou de ne pas tenir compte des conditions de ce programme ou de travailler contre ses convictions, ce qui est pire.

L'Exposition de 1878 nous en a donné un exemple : lors du concours ouvert en 1877, le programme demandait que les bâtiments du Champ de Mars fussent reliés à ceux du Trocadéro par une galerie couverte passant à 5 mètres au-dessus du tablier du pont d'Iéna et arrivant de niveau dans les bâtiments inférieurs de la rive droite; elle devait être

bordée intérieurement, d'un bout à l'autre, d'emplacements destinés à des exposants de façon à ce qu'il n'y eût ni interruption ni lacune dans l'Exposition sur aucun point. Fort heureusement, rien de semblable n'a été fait, car ce pont étagé eût dans un sens masqué la Seine, qui est un si grand élément décoratif de ce coin de la capitale et, dans l'autre, considérablement atténué l'effet perspectif du Trocadéro.

Le champ étant donc libre, les projets les plus variés ont été produits; je n'en ferai pas la longue énumération, mais je dirai sommairement : que trois ou quatre d'entre eux choisissent comme emplacement principal les Tuileries en leur annexant partie des quais, des Champs-Elysées, des Invalides; autant d'auteurs conservent le Champ de Mars avec le Trocadéro en annexant les Invalides, le palais de l'Industrie, l'Ecole militaire. Un autre choisit le bois de Boulogne. Une dizaine d'autres concurrents ont pris, qui Saint-Cloud, qui Suresnes, qui Courbevoie, ou bien Saint-Mandé, le parc Daumesnil; d'autres encore, paraît-il, ont été jusqu'à Saint-Ouen, Asnières, Gennevilliers même; mais tous ont cela de commun, qu'ils proposent des emplacements encore plus grands que ceux qui ont été pris jusqu'en 1878.

Le discours que vous avez tous présent à l'esprit, par lequel M. de Comberousse a inauguré si éloquemment sa présidence, non seulement me dispense de vous faire l'historique des précédentes Expositions, mais vient à mon aide en fournissant des chiffres et des arguments à la thèse que j'entends soutenir aujourd'hui : à savoir qu'il serait sans profit, sinon dangereux, de refaire une Exposition universelle en suivant les errements qui ont eu cours jusqu'ici.

On parle surtout, comme emplacement, du Champ de Mars accompagné du Trocadéro auquel on adjoindrait une partie importante des Champs-Elysées, une partie de l'esplanade des Invalides, les quais de l'Alma et d'Orsay avec les bas-ports correspondants. On a accusé officiellement le chiffre de 40 à 50 millions de dépense; une étude faite par un homme compétent le trouve trop bas et ne craint pas de le porter à 72 millions, Oublie-t-on le déficit donné par l'Exposition de 1878, sur laquelle ont doit encore une vingtaine de millions? Où s'arrêterait-on dans cette voie?

Si une fois on admettait que la quantité des choses exposées ou plutôt l'espace à leur consacrer fût une constante, la qualité seule varierait et serait en croissant et alors, comme le demandait en 1876 M. Vauthier, on pourrait enfin édifier une construction définitive à laquelle quelques annexes seraient seules à ajouter, car ainsi qu'il le disait très bien : « Il est déplorable de voir dépécer comme l'épave d'un vaisseau naufragé, un monument élevé à grands frais, dont le fonctionnement a duré quelques mois et dont les éléments, quoi qu'on fasse, ne peuvent être qu'imparfaitement utilisés et subissent au réemploi une énorme dépréciation. »

Mais l'avis de la Sous-Commission était tout différent :

« Chaque Exposition nouvelle, disait-elle à la même époque, 1876, montre ce qu'on aurait dû faire et jamais les bâtiments élevés ne satisfont pleinement à ce que réclament les industriels ; toujours l'expérience acquise est déroutée par les conditions nouvelles dans lesquelles les objets fabriqués doivent être exposés. »

Ce qui suggérait à M. Vauthier cette spirituelle réflexion : « qu'il faudrait en conclure que les Expositions ont toujours été mal logées et le seront toujours, ce dont on semble prendre philosophiquement son parti et que le mouvement de croissance des grandes Expositions serait absolument indéterminable. »

Si je me borne à la France seule, je vois que les trois Expositions de 1855, 1867 et 1878 ont abrité successivement 24,000, puis 50,000, puis 53,000 exposants et qu'elles ont reçu 5,200,000, puis 10,000,000, puis 12,000,000 de visiteurs. Je vois qu'à chaque nouvelle Exposition il a fallu, ou du moins on a cru qu'il fallait augmenter la place, et partant la dépense dans une proportion qui dépasse de beaucoup la progression des visiteurs. Eh bien, franchement, l'intérêt a-t-il crû en raison de cette augmentation et d'espace et d'argent ? La lassitude n'a-t-elle pas été, au contraire, beaucoup plus grande pour la masse du public?

Il me semble qu'il en est un peu des Expositions universelles comme des foires. Qu'est-il arrivé pour celles-ci?

Jadis, quand les communications entre les provinces étaient longues et coûteuses, les déplacements individuels étaient rares; il fallait de gros motifs pour les provoquer; de là l'intérêt qu'avaient les foires annuelles où les consommateurs trouvaient réunis toutes les denrées, tous les articles qui pouvaient être à leur convenance et ceux même dont ils ne soupçonnaient pas l'existence. La vapeur, les facilités de transport ont changé tout cela ; pour le paysan, la ville n'est plus qu'à quelques centaines de pas de son clocher ; et à la ville, le marchand, le fournisseur qu'il va voir, ne considèrent plus une visite à la capitale comme un voyage au long cours. Aujourd'hui les besoins de chacun s'apaisent à peu de frais, sans attente; la foire n'est plus restée qu'un amusement traditionnel comme la fête patronale et n'a conservé sa raison d'être que là où comme en Russie par exemple, à Nidjni-Nowgorod, les communications, pour les marchands qui y accourent des coins les plus reculés de l'immense empire, sont encore ce qu'elles étaient ici jadis.

Il se passe bien sûr quelque chose d'analogue pour les Expositions universelles; les chemins de fer ont considérablement agrandi les rayons d'action des centres producteurs; la presse, appelant souvent le dessin à la rescousse, vient faire connaître à tous les découvertes et les perfectionnements. Le marchand a été obligé de tenir son assortiment au courant des choses du jour, le fabricant a été initié à ce qui se faisait ailleurs, et ainsi plus petite chaque fois devient la quantité d'inconnu

et d'imprévu à tirer de ces grandes assises de l'industrie humaine. Aujourd'hui une nouveauté n'a pas plutôt vu le jour dans les ateliers de Manchester, ou les étalages de Regent-Street, que nous la voyons à Lille ou sur nos boulevards et réciproquement.

En cela précisément on trouve l'explication de l'attraction constante qu'ont exercée sur la foule, en 1878, les Expositions étrangères de l'extrême Orient ; mais encore quelques années, bien peu, et ni l'Inde, ni la Chine, ni le Japon, n'auront rien de neuf à nous montrer.

Quand il s'agit d'une œuvre d'art, il en est tout autrement : la copie d'un chef-d'œuvre de peinture, la photographie d'une belle statue, ne donne jamais la satisfaction que cause la vue de l'original. L'original est un; s'il ne vient pas à vous, il faut l'aller trouver et si l'occasion s'offre d'en voir plusieurs réunis, la curiosité sollicitera mon déplacement, et une fois déplacé, tant que l'intérêt subsistera, la lassitude attendra.

Cette comparaison explique pourquoi il faudrait tenir beaucoup plus à la qualité qu'à la quantité des objets exposés.

Et à ce propos, il est une réflexion que j'ai faite et que bien d'autres ont pu faire comme moi en parcourant cet immense Bazar de 1878.

Si chaque exposant n'avait eu à sa disposition que le quart de la place qu'on lui a accordée, il n'en est pas un seul qui n'eût parfaitement trouvé le moyen de produire à la curiosité, à l'admiration publique, tout ce qu'il avait de réellement neuf et intéressant à montrer. On n'eût donc eu que le quart de l'espace à parcourir et l'Exposition que l'on eût ainsi visitée, aurait été ce que doit être logiquement une Exposition universelle, c'est-à-dire une collection d'objets soigneusement choisis entre les plus beaux et les plus nouveaux, soit par leur qualité, soit par leur facilité d'obtention.

Il me semble qu'une telle Exposition eût été beaucoup plus attrayante, beaucoup moins fatigante et surtout bien plus instructive, car les objets vraiment remarquables n'auraient pas été noyés dans un vrai marécage de banalités dépourvues de tout caractère.

Il est encore une pratique qui accroît bien inutilement la place nécessaire aux produits exposés et conséquemment la fatigue des visiteurs : que signifient donc pour le public ces longues files d'étagères, de vitrines remplies de bouteilles, de flacons, qui sont censés contenir les vins les plus exquis, les parfums les plus suaves, les denrées les plus fraîches, les produits pharmaceutiques les plus mirobolants? Ne suffirait-il pas que chaque exposant eût simplement son nom sur une plaque; il ferait au passage de son jury ce qu'il a fait déjà : l'apport au moment voulu du produit qu'il veut soumettre à sa souveraine appréciation.

Je ne comprends pas davantage l'intérêt que peuvent offrir ces obélisques de paquets de fils, ces piles de pièces d'étoffes dont on ne voit que les lisières, toutes choses auxquelles l'œil est impuissant à

donner une couleur sans le secours d'un autre sens, et qui feraient exactement le même effet si elles étaient confectionnées en carton peint comme des accessoires de théâtre. Si les visiteurs s'y arrêtent un instant, c'est qu'un étalagiste ingénieux a su créer avec ces matériaux quelque édifice bizarre, quelque décoration polychrome ; rappelez-vous dans le parc le pavillon des vins d'Espagne, il y en avait de toutes les couleurs de ces bouteilles qui formaient des murs en mosaïque. C'est ainsi que dans un arsenal le curieux qui trouverait fastidieux de se promener devant des milliers de baïonnettes parallèlement rangées dans de longs râteliers, les contemple avec ravissement si l'artiste artilleur les a groupées en lustres, en palmiers formant une belle avenue, ce qui ne prouve pas que la baïonnette soit devenue plus intéressante, ni que sa qualité soit meilleure. En somme, j'estime donc qu'il conviendrait, au contraire, de restreindre de beaucoup la place donnée aux exposants, les objets exposés et le nombre même des exposants.

Du reste, en comparant les chiffres fournis par les deux Expositions de 1867 et 1878, les deux dernières au même lieu, on trouve des résultats bien concluants en faveur de mon argumentation.

En 1867 la surface construite au Champ de Mars est de 153,000 mètres, le nombre des exposants est de 50,000 et le nombre de visiteurs de 10,000,000. En 1878, ces nombres sont respectivement : 240,200 pour la surface au même Champ de Mars, 53,000 pour les exposants et 12 millions pour les visiteurs.

D'où il résulte qu'en 1867, à chaque exposant correspondait 3 mètres de construction, tandis qu'en 1878, il y en a 4m60. C'est plus de 50 0/0 d'augmentation et de dépenses et de fatigue pour le visiteur ; qu'en 1867 à chaque mètre de construction correspond le nombre de 65 visiteurs, tandis qu'en 1878 ce nombre n'est plus que de 50, soit 23 0/0 de moins de visiteurs et conséquemment de recette. A eux seuls ces chiffres rendent déjà compte d'une bonne partie du déficit.

Quelque élevé que soit le but qu'on se propose d'atteindre en faisant une Exposition universelle, il faut bien reconnaître maintenant la nécessité pour nous de se préoccuper de la recette, d'attirer la foule ; mais la foule n'ira que là où elle s'amusera.

Dans tous ces visiteurs, contre un studieux qui regardera pour *savoir* il y aura mille curieux qui regarderont pour *voir* : ne rendez pas la tâche trop difficile au premier et craignez surtout de n'arriver qu'à lasser les seconds.

La Commission que présidait M. Proust s'est arrêtée à l'éparpillement que j'indiquais tout à l'heure. Soit ; aussi bien je ne vois aucun intérêt à ce que le matériel des chemins de fer, les produits chimiques et les articles de Paris, par exemple, soient associés les uns aux autres. Car qui a cure des uns ne se soucie guère des autres ; mais tout le monde

s'intéresse à ce qui est réellement beau ou grand dans sa manifestation, qu'il s'agisse du pilon du Creusot, des grès de Doulton, et de l'ébénisterie parisienne ; le tout est de choisir sévèrement.

Rien n'oblige évidemment l'Exposition à être d'un seul tenant. En 1855, la plus mémorable Exposition universelle des beaux-arts était au bout de l'avenue Montaigne ; quant à Albert-Hall à Londres, et au palais du Trocadéro à Paris, ils n'ont pas d'autre raison d'être là où ils sont que leur effet décoratif : ils servent de toile de fond. Tout ne pouvant plus se voir en un jour, pourquoi se préoccuper de relier les diverses sections d'une Exposition s'il en résulte uniquement des difficultés et des dépenses? Il y aurait plutôt intérêt à les séparer.

Une Exposition générale, ne comportant que les chefs-d'œuvre, les dépouilles opimes des ateliers humains, les curiosités les plus rares, en un mot les objets les plus remarquables, serait dans un bâtiment absolument distinct, du plus facile accès, au centre de Paris s'il se pouvait et ouvert même le soir. Pour celui-là on pourrait réserver un certain luxe de construction, d'autant plus que, comme le demandait il y a dix ans M. Vauthier, comme je le demanderai tout à l'heure, la construction élevée à cet effet devrait rester permanente.

Puis ailleurs, partout où la commodité serait la plus grande, l'emplacement le plus propice, la dépense moindre, on aurait les expositions des groupes des autres industries. Peu importerait que ces expositions fussent ou non contiguës.

Mais m'objectera-t-on peut-être, le public y sera très restreint, la dépense sera trop forte pour l'effet utile à en attendre. Alors ne la faites pas, ou sachez proportionner cette dépense à l'*effet utile*. Remarquez bien, Messieurs, qu'ici par effet utile je n'entends pas seulement la recette argent, j'entends aussi et surtout celui qu'on peut attendre de l'étude et de la comparaison. Encore resterait-il la question de savoir si c'est bien nous qui en profitons, si celui qui tire le bien est celui qui le paie? Sans cela, il n'est ni juste ni sincère d'obliger la masse du public qui visite, et le pays qui reçoit, à supporter qui la fatigue, qui les frais.

En disséminant les belles choses çà et là, il semble qu'on veuille forcer la foule à un certain itinéraire, et qu'elles soient placées comme les images dans le texte du livre où l'enfant doit apprendre sa leçon. Vous savez bien que l'enfant livré à lui-même tournera la page du texte sans lire et ne s'arrêtera qu'aux images.

Messieurs, parallèlement aux observations que je viens de vous soumettre sur le fonctionnement de l'Exposition, il convient d'appeler l'attention sur la faveur dont jouissent de plus en plus les Expositions restreintes. Qu'on soit en été ou en hiver, tout devient prétexte à Exposition à Paris comme à Londres.

L'Exposition de 1855 nous a laissé en héritage le palais des Champs-Élysées. Sa nef a d'abord servi, dès 1856, aux Expositions universelles d'a-

griculture, de pisciculture, d'horticulture. Ces dernières, annuelles, s'y sont tenues jusqu'en 1884; depuis cette époque elles se tiennent au pavillon de la Ville de Paris, reste transplanté des constructions de 1878. Depuis 1857, le *Salon*, l'exposition annuelle des œuvres des artistes vivants, a élu domicile dans le palais. Mais il est précédé de l'exposition des bestiaux, puis du *Concours hyppique;* à peine fermé, il est suivi des expositions de l'*Union Centrale* et d'autres. Dès 1859, une partie du palais a été distraite pour l'Exposition permanente des *produits de l'Algérie et des Colonies*. En 1875, ce fut l'Exposition internationale des *industries maritimes et fluviales;* plus récemment, celle si réussie d'*Électricité* où nous nous sommes tous si souvent rencontrés; enfin dernièrement celle du *Travail*.

J'en ai passé, car ce serait abuser de votre patience que donner la longue énumération des expositions qui se sont succédé dans l'édifice de M. Viel. Cependant, puisque je viens de faire en quelque sorte les états de service du monument, et de montrer quels services peuvent rendre de pareils vaisseaux dans une ville comme Paris, je rappellerai que, pendant la guerre, il a servi de magasin, de caserne, d'ambulance, et que, le 28 mai, le Ministre des finances a été heureux d'y pouvoir installer provisoirement ses services. Notez que 7,000 Prussiens l'avaient occupé pendant trois jours, le 1er mars 1871, mais avaient respecté le bâtiment, l'exposition permanente et la magnifique horloge que vous connaissez tous.

Mais toutes ces expositions ne peuvent être simultanées ; elles se succèdent avec tant de rapidité, qu'elles manquent du temps suffisant à leur installation. Quelques-unes ont lieu à des moments de l'année bien peu favorables, et quand par hasard cet immense local est vacant, il sert encore à des réunions accidentelles, distributions de récompenses, fêtes de charité, à tel point qu'il est devenu évident qu'il ne peut servir à tout, et que l'opportunité d'un autre édifice, remplissant à peu près les mêmes conditions, mais plus grand s'il se pouvait, se manifeste chaque jour davantage, d'autant plus qu'à côté des expositions que je viens de citer, il y en a bien d'autres qui se produiraient si le local était vacant.

L'Exposition de 1878 nous a encore laissé aussi le Trocadéro, mais son morceau capital a une destination toute spéciale qui ne peut être changée, et le surplus est un musée permanent d'un grand intérêt, et qui rendrait de bien grands services s'il n'était pas aussi éloigné de ceux-là qui le visiteraient avec le plus de fruit, et pour lesquels la longueur du trajet est un véritable obstacle.

Ce qu'il importe de noter, c'est que ces entreprises particulières ont fait leurs frais, quand elles n'ont pas réalisé même des bénéfices importants. Dans notre dernière séance, nous avons tous été heureux d'apprendre de notre secrétaire, M. de Nansouty, que le reliquat dis-

ponible des recettes de l'Exposition d'électricité était encore de 331,000 francs.

Ce n'est pas en France seulement que les expositions limitées et se succédant les unes aux autres sont en faveur,la même chose s'observe en Angleterre. En 1862, le cri public, en présence de l'impression produite sur les étrangers, sur les Français surtout, par le bâtiment qu'avait construit le capitaine Fowke pour l'Exposition universelle, a réclamé et obtenu la démolition entière de cette masse, avant même son entier achèvement. Depuis, les Anglais ont renoncé aux expositions universelles, et comme le faisait avec raison remarquer M. de Comberousse dans son discours, il y a là un grave sujet de méditation, sinon d'inquiétude. Nos voisins ont alors institué des expositions, internationales encore, mais annuelles, et chacune limitée à une série de produits, comme on le fait ici pour les Expositions des arts appliqués à l'industrie : la première eut lieu en 1871. Peu après on a créé une série d'expositions analogues, à Sydenham Palace.

En 1883 ils ont eu à Kensington une Exposition internationale de pêcherie et de ce qui se rattache à l'ichtyologie, et j'ai remarqué là ce qui m'avait déjà frappé en France à l'Exposition maritime et fluviale, à savoir qu'il était très difficile de s'imaginer la quantité de produits qui peuvent se rattacher à de telles expositions : on y trouve de tout.

Malgré cela, à cause de cela veux-je dire, elle eut un tel succès que l'année suivante, sous le patronage du prince de Galles, on organisa au même lieu et sur le même plan une exposition d'Hygiène, ou plus exactement de la Santé (Health-Exhibition). J'ai eu la bonne fortune de m'y trouver en compagnie de deux de nos anciens présidents, MM. Muller et Jordan ; nous étions tous trois membres du jury et je puis faire appel à leurs souvenirs pour témoigner avec moi de l'affluence considérable du public à cette Exposition; tout ce qui s'était rattaché aux pêcheries, à la pisciculture, se retrouvait à l'hygiène et à la santé ; on remarquait, d'après les chiffres officiels affichés quotidiennement au vestibule d'entrée (excellente réclame pour la foule),que le nombre de visiteurs était de beaucoup plus considérable le soir que le jour, c'est-à-dire à un moment où les rares exposants strictement hygiéniques avaient fermé leurs étalages.Il faut dire qu'il y avait là le plus grand déploiement de lumière électrique sous toutes les formes possibles et il me faut vraiment prendre sur moi pour ne pas vous dire les impressions que j'en ai ressenties ; il y avait aussi la restitution d'une rue du vieux Londres au clair de lune, l'illusion était prodigieuse, des concerts militaires, des cafés, des restaurants, des thés (*tea-rooms*) servis par des Cingalaises, tout ce qu'on peut trouver enfin dans n'importe quelle Babylone moderne et qui n'a plus que de bien lointains rapports avec l'hygiène et la santé.

Seulement il ne faut pas perdre de vue, et nous devons en faire l'application, que tout cela était dû à l'initiative privée, qu'il s'agit de faire

de l'argent pour couvrir les frais et, s'il est vrai que la fin justifie les moyens, il faut louer hautement l'opération de nos voisins, puisqu'il est resté un bénéfice assez fort pour entreprendre avec lui la fondation d'un hospice.

Cette diversion terminée, je rentre en France.

De tout ce que j'ai eu l'honneur de vous dire résulte d'abord l'opportunité de diviser l'Exposition; puis la nécessité de procéder à une extrême sélection en restreignant la masse des objets exposés et surtout l'avantage qu'il y aurait à créer un palais analogue àcelui des Champs-Elysées occupant une situation aussi *centrale* que possible.

Mais à cela deux difficultés se présentent : d'abord le prix du terrain qui pourra bien valoir alors 2,000 francs le mètre,ce qui pour 2 hectares ferait déjà 40 millions, puis la règle impérieuse de ne rien changer au courant actuel de la circulation, de ne l'entraver en rien.

C'est une solution, je me l'imagine du moins, à ce double problème qui terminera ce que je souhaitais vous dire :

Il y a, en plein centre de Paris, un terrain qui vaut bien 2,500 francs le mètre qu'on n'aura pas à payer, sur lequel on créerait un vaisseau de plus de 20,000 mètres de surface dont les murs sont déjà élevés et décorés, qu'il n'y a plus qu'à couvrir, à travers lequel ne passe aucune voie de circulation et qui dès lors n'aurait plus à être démoli :

C'est le jardin du Palais-Royal.

La grande nef du palais de l'Industrie mesure 48 mètres de largeur, sur 192 mètres de longueur, soit une surface de 9,216 mètres; le Palais-Royal a une largeur juste double, 96 mètres, sur une longueur de 230m40, soit une surface de 22,113 mètres. Aucune voiture n'y circule, les grilles qui séparent les galeries du jardin ne sont que partiellement ouvertes pendant les mauvais temps et restent fermées les jours de dégel, les galeries suffisent aux piétons peu nombreux aujourd'hui. Dans cette vaste nef pourrait être l'Exposition de l'Exposition, son abrégé, les trophées de l'industrie humaine, la sélection de tout ce que le génie créateur a pu produire. La fête terminée, on pourrait consacrer ce palais à des exhibitions successives, ou le convertir en un vaste jardin d'hiver qui, dans ma pensée, devrait déjà être ébauché pour l'Exposition. Bien des fêtes et des cérémonies pourraient avoir lieu dans cette enceinte. Qu'on puisse y compter sur une température minima de + 5° et tous les végétaux des serres tempérées, les phœnix, les orangers, les fougères arborescentes, les camélias, les Wellingtonia pourront y atteindre des dimensions voisines de celles qu'ils ont dans leurs pays d'origine. L'électricité y distribuera le soir sa lumière qui se marie si bien aux feuillages.Quel plus beau champ d'expériences pourrait-elle avoir? Quelle attraction, ce jardin, ne constituerait-il pas à lui seul?

Je ne pense pas que personne juge le travail hors de l'atteinte de l'ingénieur. La gare St-Pancras, à Londres, a 74 mètres de portée; ce

n'est qu'une vingtaine de mètres de plus, car pour permettre toute adaptation, toute application ultérieure, il est bien entendu que le comble serait d'une seule portée. Seulement, à la stabilité et à l'économie qui, seules, préoccupent l'ingénieur industriel, il faudrait cette fois joindre l'élégance, un certain effet artistique, dans toute la mesure conciliable avec les trois éléments.

Il suffit de se rappeler ce que sont les abords du Palais-Royal pour comprendre qu'il est facile de donner accès au jardin par plusieurs portes, soit latérales, soit aux deux extrémités.

Du côté de la rue Vivienne, l'édilité parisienne pourrait même profiter de la circonstance pour rectifier les pentes en déterminant une terrasse et un perron dignes de ce quartier si gai et si vivant sur tous les autres points, de même qu'un large passage serait ouvert entre les rues Montpensier et Richelieu.

Avant de montrer ce que pourrait-être le comble à construire, il faut répondre à une objection qui peut se présenter à l'esprit : que faites-vous des vues donnant sur le jardin?

Je les laisse exactement ce qu'elles sont, je leur ôte bien un peu de jour, un peu d'air, beaucoup moins d'ailleurs qu'on le penserait au premier abord; mais, par compensation, je donne à leurs propriétaires ce qui leur manque aujourd'hui.

On sait en effet que le Palais-Royal, après avoir été le point le plus fréquenté, le centre de réunion de tous les oisifs, est bien délaissé maintenant et que le public qui inondait naguère ses portiques n'y a plus qu'un bien faible courant quand une musique militaire n'y attire pas pour une heure un petit regain de popularité; les négociants installés dans les galeries, à bien peu d'exceptions près, nous disent que la clientèle baisse sans cesse : c'est une clientèle qui leur reviendra. Qu'on laisse le jardin grand ouvert, qu'on en ferme les grilles, la vue aura toujours gagné; les cafés les restaurants auront un attrait de plus, la contiguïté d'un lieu de divertissement.

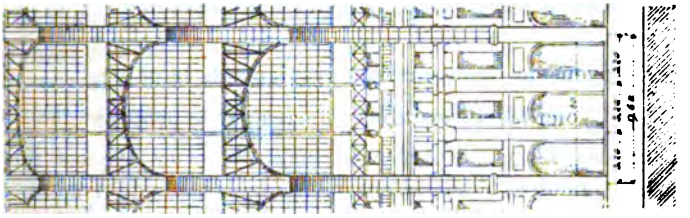
Il n'entre nullement dans mes intentions de faire le plan d'une spéculation, mais je puis du moins faire remarquer qu'une plus-value de 1,000 francs par arcade, sur trois étages loués, correspondraient déjà à elle seule à une augmentation de revenu de plus de 200,000 francs. Il capitaliserait à 5 0/0 une somme de quatre millions.

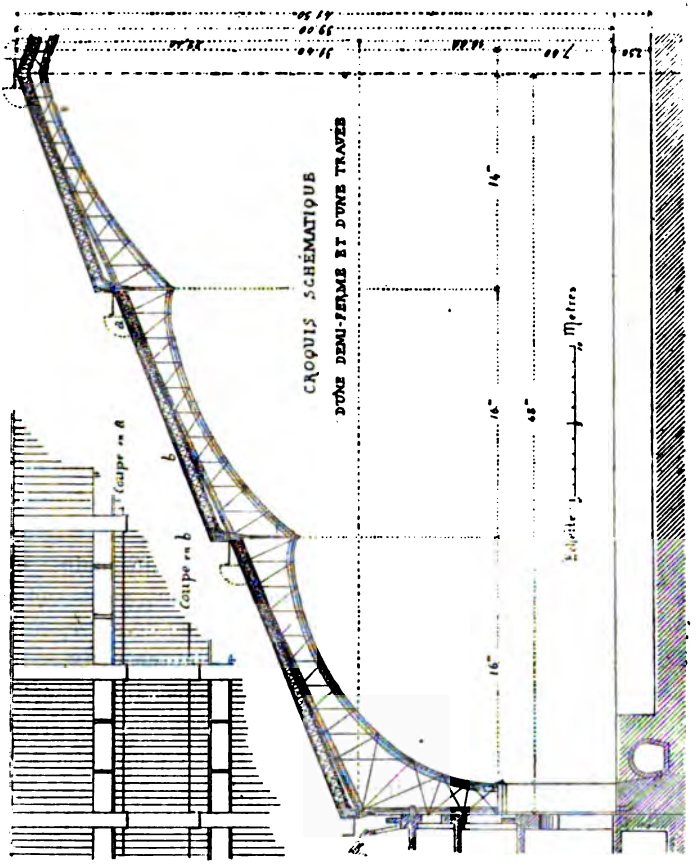
Aussi si quelque locataire ne voulait pas, ce qui est peu probable, accepter le nouvel état de choses, le plus simple serait d'user de la déclaration d'utilité publique pour l'exproprier de son bail et mettre immédiatement celui-ci aux enchères; — ce serait tout profit pour le bailleur.

Mais l'heure s'avance; — en quelques minutes je dois vous exposer succinctement le projet, ou plutôt l'avant-projet, dont je vous réserve la communication intégrale, si l'accueil fait à mon projet me déter-

mine à le poursuivre et à le rédiger d'une façon plus digne de vous être présenté.

Le comble, ai-je déjà dit, serait d'une seule portée, embrassant les 96 mètres qui s'étendent en largeur d'une façade à l'autre. Il serait entièrement vitré et reposerait, non pas sur les murs actuels dont j'ai plus d'une raison de me défier, mais sur des supports ou piédroits faisant corps avec les fermes et donnant une saillie de 2 mètres. La naissance du toit serait à la hauteur de la panne de brisis des maisons, soit à 16m60.





La longueur de jardin comprend 72 travées de 3m20 chacune.

Les travées comprises entre chacune des fermes métalliques comprendraient chacune 3 de ces travées; il y en aurait ainsi 24 sur la longueur, chacune de 9m60.

Dans l'étude de cette couverture au point de vue du service à en attendre, trois choses sollicitent plus particulièrement l'attention :

1° L'éclairage qui implique une surface vitrée aussi grande que possible et un moyen facile de parer aux inconvénients des rayons solaires;

2° L'écoulement rapide et certain des eaux sans inondation ni débordement ;

3° Les moyens de parer aux inconvénients de la neige.

A cet effet voici les dispositions offertes par le projet :

Chacune des fermes espacées de 9m60 d'axe en axe est formée de deux fermes jumelées donnant ensemble une largeur de 1 mètre et formant ainsi une poutre tubulaire, depuis sa naissance au sol jusqu'au faîte. Chacune de ces travées, réduite ainsi à 8m60, est redivisée en trois par deux arbalétriers déterminant des sous-travées correspondant aux entr'axes des colonnes des constructions actuelles. Mais ces arbalétriers, au lieu d'être continus, au lieu d'offrir un seul plan incliné, sont en trois parties et déterminent ainsi trois plans étagés laissant entre chacun d'eux une lanterne continue de 1m20 de hauteur.

Les grandes fermes entières sont reliées par les grandes pannes courbes qui se voient de l'intérieur et les arbalétriers supérieurs le sont par des pannes rectilignes interrompues au droit des fermes; ces pannes sont sensiblement à 2 mètres d'écartement, elles portent directement les glaces et leur plomberie. .

Si je me suis bien expliqué, vous devez comprendre qu'un plan vertical parallèle au faîte détermine à travers la surface de couverture une ligne horizontale coupée par des encoches d'une profondeur variable. Un versant du comble est donc partagé en sections de 9m60 de largeur sur 14 à 18 de longueur suivant la tranche considérée, soit un plan en gradin coupé par des rigoles. Chaque rigole aboutit au tube qui forme la partie verticale, le piédroit de la ferme.

Enfin tout le long des lanterneaux règne un chemin plein, sorte de chéneau large de plus d'un mètre, avec lice formant garde-corps; par ce chemin et les lanterneaux, se manœuvrent un jeu de stores ou claies, formant velum ou écran, et la fermeture de ces lanterneaux.

L'accès de l'air est encore facilité par les lanterneaux supérieurs et par l'ouverture des parties situées dans la région haute des gradins sur une largeur de 1 mètre, de telle sorte qu'on arrive à un total de 12 mètres superficiels par mètre linéaire de comble.

Le fonds du chemin ou chéneau régnant ainsi le long des lanterneaux

n'est pas absolument horizontal ; il est plus haut en son milieu et offre donc deux versants, de chacun 4^m30. La masse des eaux pluviales est ainsi arrêtée et rejetée immédiatement dans les grandes gargouilles.

La neige, si elle vient à fondre brusquement après une gelée, formera des avalanches qui glisseront sur le verre, mais se briseront, se déverseront sur les chéneaux ; l'enlèvement et le balayage se feront alors par section. (Il faut remarquer que ce comble affranchit le bord de la couverture des maisons, dont nous ne nous occupons pas et qui conservent leur moyen actuel d'égout.)

Les eaux et les neiges sont ainsi amenées par les rigoles ou gargouilles aux tuyaux de grande section (0,50) logés dans le piédroit de la ferme, aboutissant à une galerie pourtournant le jardin et servant en même temps à loger tous autres tuyaux nécessaires. Cet égout ne pouvant se trouver sous les fermes, et mon désir étant de constituer un promenoir dominant de 2,50 le reste du jardin, j'ai été amené à baisser d'autant le niveau de celui-ci.

Quant aux fermes même, qui ne se sont présentées ici que sous forme de schéma, elles sont du type auquel s'est attaché le nom de notre ami, de notre regretté président, de Dion ; vous voyez du reste, Messieurs, que mon objectif n'a pas été de résoudre un problème d'économie, mais d'adopter une disposition se prêtant à un parti décoratif inspiré par les combles en charpente de bois apparente de plusieurs salles abbatiales de la Grande-Bretagne.

C est à ces différents pendentifs que seraient fixés les appareils d'éclairage plus ou moins nombreux, suivant le système de répartition qui serait en cours d'essai,

Les extrémités du hall seraient fermées de deux pignons, pareillement vitrés tous deux, mais pourvus de larges fenêtres auxquelles on accéderait par des balcons de service. Même lorsque ces fenêtres seraient fermées, les deux pignons contribueraient à la ventilation parce qu'ils seraient, dans leur entier, vitrés en *verres perforés*.

Ces verres, sans doute, sont encore inconnus de la plupart d'entre vous, Messieurs. Je ne voudrais pas atténuer le plaisir que vous aurez à entendre la communication qui vous sera bientôt faite à ce sujet par les inventeurs, je dirai donc simplement que ce sont des vitres en glaces assez épaisses percées de trous aussi nombreux que le sont ceux d'une écumoire, et coniques. A la suite des expériences si concluantes de nos collègues, MM. Herscher, sur l'introduction artificielle de l'air par de tels orifices en parois métalliques, notre ancien président, M. Trélat, qui fait toujours de l'éclairage et de la ventilation l'objet d'études si remarquables, avait émis le *desideratum* que les vitres puissent à la fois servir à donner l'air et le jour. Un procédé pratique d'obtention était bien difficile à trouver. Tout en se conformant aux exigences de MM. Trélat et Herscher, M. Appert, encore un de nos collègues, a résolu le problème et sa solution

est susceptible, comme on vous le montrera, d'une quantité d'applications. Je serais injuste si je ne disais en passant que les pressantes instances de M. le docteur G. Martin, commissaire général du gouvernement français à l'Exposition d'hygiène de 1884, avait puissamment excité le travail de nos collègues.

Je terminerai, Messieurs, ma communication en vous donnant un aperçu des chiffres fournis par mon avant-projet.

Le poids d'une grande ferme tubulaire seule serait de	Kgs.	75.240
En y ajoutant :		
Pour les pannes intérieures et le faîtage sur 9m60 de longueur. . . .		6.618
Pour les jouées, les deux arbalétriers et les petites pannes.		33.442
On a pour le poids total d'une travée.	Kgs.	115.300
Ce qui donne pour l'ensemble :		
24 travées de 115,300 kilogrammes	Kgs.	2.767.200
Pour une ferme extrême, en plus		75.240
Pour les deux pignons, supplément.		59.400
Pour les chemins.		97.150
On a le total de	Kgs.	2.998.990

Soit en nombre rond trois mille tonnes.

La dépense totale pourrait s'évaluer ainsi :

Cubes de déblai	45.780m à fr.	7	» = 320.460 fr.	fr. 466.840
Superficiels de façon du sol. . .	18.310 —	8	» = 146.480	
Linéaires de terrasse avec galerie d'égout	628 —	380	» = 238.640	274.640
Cubes de maçonnerie de fondation.	720 —	50	» = 36.000	
Surface de vitrerie au comble .	20.600 —	12	» = 247.000	326.400
— aux écrans .	1.980 —	40	» = 79.200	
Linéaires de chéneaux	1.610 —	72	» = 115.920	228.240
— gargouilles	2.496 —	45	» = 112.320	
Surface de céramique.	1.680 —	100	» = 168.000	220.000
— peinture ordinaire .	40.000 —	1.30	= 52.000	
Ensemble.				fr. 1.516.120

Si on ajoute à ce chiffre 3,000 tonnes de fer à 500 fr., ci.	Fr.	1.500.000
On a le premier total de.	Fr.	3.016.120
Chiffre auquel on peut ajouter pour travaux artistiques et divers.	Fr.	283.880
Ce qui donne, au total général.	Fr.	3.300.000

Comme les exemples de pareil comble n'étant pas très fréquents, on peut ne pas se rendre compte immédiatement de la valeur relative de

ces chiffres, il est intéressant de les comparer à ceux fournis pour la construction du comble de Saint-Pancras et de la gare du Midland à Londres :

	Combles	
	St-Pancras	Palais-Royal
Portée	73m 40	96m 00
Nombre de travées	24	24
Longueur de chacune	8m 90	9m 60
Poids de chaque ferme	55,180 kgs	75,240 kgs
Valeur des travaux de même nature dans les deux combles : charpente, couverture, vitrine	1.549.750 fr.	2.054.640 fr.
Valeur totale	1.740.125 fr.	3.300.000 fr.
Les surfaces couvertes étant de	15,754m	22,113m
La valeur, par mètre carré en plan, est :		
Pour les travaux de même nature	96 fr.	94 fr.
Pour la totalité	108 fr.	150 fr.

J'étais tout d'abord étonné de la comparaison entre les deux chiffres 96 francs et 94 francs pour la valeur au mètre superficiel, elle semble être inverse de ce qu'on devait trouver. Mais l'explication en est toute simple : les fers à Saint-Pancras travaillent à peine à 2 kil. 500, tandis qu'ici le chiffre admis a été 6, ce qui change du tout au tout la signification du rapport. Enfin la vitrerie a été payée fort cher à Londres.

Il me reste, en terminant, à exprimer le désir qu'une discussion s'ouvre au sujet de ma communication; je demanderai de très grand cœur les critiques de mon projet, car je sais qu'elles seront dictées par votre compétence, et si vous voulez me le permettre, j'ajouterai par votre sympathie. (*Applaudissements.*)

M. LE PRÉSIDENT remercie notre excellent collègue, M. Lavezzari, de sa communication toute d'actualité, si spirituelle et si humoristique.

Notre collègue propose un emplacement pour l'Exposition et émet des idées qui peuvent être en contradiction avec les projets présentés par d'autres membres de la Société. M. le Président pense que la discussion n'en sera que plus intéressante ; elle pourra porter sur les dispositions nouvelles proposées pour les combles, qui méritent d'être examinées ici.

M. LE PRÉSIDENT est d'avis de remettre cette discussion à une prochaine séance ; chacun pourra de la sorte étudier le mémoire de M. Lavezzari, et préparer des objections.

M. LAVEZZARI demande la parole pour un fait personnel.

Dans la dernière séance, des observations ont été faites au sujet d'une reproduction dans un journal, de ce qui avait été dit dans une réunion précédente.

Or, le lendemain même, quelques personnes ont eu connaissance, — à la grande surprise de M. Lavezzari et par suite de quelque indiscrétion, — du sujet que celui-ci devait traiter ce soir, et lui ont demandé de

vouloir bien laisser publier par certains journaux ce qu'il dirait devant la Société. M. Lavezzari leur a répondu qu'il ne pouvait pas, pour le moment, donner cette autorisation. Ces personnes avaient pensé que M. Lavezzari avait un mémoire tout prêt, dont il consentirait à leur donner communication et qu'elles pourraient faire paraître avant que le procès-verbal n'ait été produit. M. Lavezzari, au contraire, n'a préparé aucun mémoire; il ne possède que les quelques notes qui lui ont servi à faire sa communication, car le sténographe n'a pas pris ses paroles.

D'autre part, — et M. Lavezzari insiste sur ce point, — dans quelques jours doit paraître un décret relatif à la future Exposition universelle, et indiquant dans quelles conditions elle doit être étudiée.

M. Lavezzari pense qu'étant données ces circonstances, il peut bien livrer aux journaux qui le lui ont demandé, une note abrégée faisant connaître un projet qui lui appartient, qui est son œuvre personnelle. Il est convaincu qu'il sera pleinement dans son droit en agissant ainsi, car il n'aura pas contrevenu au règlement qui interdit seulement la reproduction de nos discussions.

Cependant il demande qu'on lui dise s'il ne se trompe pas, car le droit de chacun, en matière de publication, ne lui paraît pas ressortir clairement de la discussion relatée au dernier compte rendu.

M. Lavezzari ajoute qu'il prie l'Assemblée de ne pas considérer comme un acte d'insubordination de sa part le fait de publier dans un journal un résumé de sa communication de ce soir, avant que le procès-verbal n'ait paru, car il doit s'écouler quinze jours avant que ce dernier ne soit produit.

M. Le Président répond qu'il n'a pas les articles du règlement suffisamment présents à l'esprit pour pouvoir se prononcer, mais qu'en se plaçant au point de vue libéral il ne lui semble pas qu'il y ait d'inconvénient à ce que M. Lavezzari agisse ainsi.

M. Eiffel pense qu'on pourrait vider définitivement cette question de publication en autorisant chaque auteur à faire paraître sa communication, mais en lui interdisant de se servir du nom de la Société des Ingénieurs Civils.

Un membre fait observer que le règlement ne parle pas de communications mais seulement de discussions, ce qui est bien différent.

M. Badois regarde comme contraire au règlement qu'un auteur fasse savoir par les journaux, avant que le procès-verbal n'ait paru et n'ait été adopté, qu'il a dit telle ou telle chose devant la Société des Ingénieurs Civils. La tribune de la Société n'est pas et ne doit pas devenir une tribune publique, car certains de nos collègues ne conserveraient peut-être pas, dans les discussions, toute leur liberté, toute leur indépendance, toute leur confiance.

M. Cotard dit qu'il lui paraît injuste d'enlever à un auteur la liberté

de publier son travail ; ce serait le punir en quelque sorte d'en avoir fait la communication à la Société des Ingénieurs Civils.

M. Cotard ne prétend pas que l'on puisse livrer une discussion à la publicité ; mais lorsqu'un de nos collègues nous fait la faveur de nous donner la primeur d'une idée qui lui est propre et qu'il aurait le droit de porter partout ailleurs, est-il admissible qu'on lui interdise, une fois sa communication faite, de faire connaître son travail ? (*Applaudissements.*)

M. Badois est d'avis que M. Lavezzari a le droit de faire paraitre sa communication dans tels journaux qu'il voudra, mais en son nom personnel, et non pas sous le couvert de la Société des Ingénieurs Civils. (*Applaudissements.*)

M. Régnard cite l'article 71 du chapitre V du règlement, relatif aux *Travaux et archives* :

« Tout mémoire remis à la Société, soit par une personne étrangère, soit par un de ses membres, devient sa propriété ; il est de suite inscrit sur un registre *ad hoc*, et ne peut être retiré.

» S'il n'est pas inséré dans les Bulletins de la Société, dans les trois mois qui s'écoulent à dater du jour de la présentation, l'auteur reste libre de le publier à ses frais. »

Il semble à M. Régnard qu'il résulte de ce article que celui qui présente un mémoire à la Société perd, par ce fait, le droit de le publier avant que la Société ait eu le temps de le faire paraître dans ses comptes rendus. (*Applaudissements.*)

M. Lavezzari dit que l'article du règlement qui vient d'être rappelé par M. Régnard ne concerne que les mémoires, et qu'il croit avoir déjà fait remarquer qu'il n'a préparé aucun mémoire.

Par déférence pour ses collègues, M. Lavezzari n'a communiqué son projet à qui que soit. A l'exception de cinq personnes qu'il peut nommer, personne ne connaissait son idée avant la séance. Mais il avait cru pouvoir se réserver le droit de laisser libres d'en parler ceux qui voudraient le faire.

M. Eiffel vient d'exprimer l'avis que M. Lavezzari peut publier ses idées, sous la réserve de ne pas dire qu'elles ont été émises devant la Société des Ingénieurs Civils. M. Lavezzari trouve outrepassée cette interprétation du règlement. Il comprend certainement très bien l'interdiction contenue dans l'article 78, rappelé au bas de chacun de nos Bulletins : « Nul n'a le droit de reproduire les discussions de la Société sans une autorisation du Bureau; » car ce silence gardé donne à chacun la liberté de dire tout ce qu'il pense. Mais ce n'est pas la même chose de répéter au dehors ses propres paroles, en disant qu'on les a prononcées ici, que de rapporter les réponses faites par des collègues.

Ne peut-il pas arriver d'ailleurs qu'une autre personne que M. Lavezzari dise en sortant d'ici : « Je viens d'entendre M. Lavezzari faire

COMPTE RENDU

DU

BANQUET COMMÉMORATIF DU 38E ANNIVERSAIRE

DE LA FONDATION DE LA SOCIÉTÉ

Le banquet commémoratif du 38e anniversaire de la fondation de la Société a eu lieu le jeudi 4 mars, à l'Hôtel Continental, sous la présidence de M. Hersent.

Au dessert, les toasts suivants ont été portés.

TOAST DE M. HERSENT, PRÉSIDENT

Messieurs et chers Collègues,

Pour la quatrième fois nous nous réunissons pour fêter l'anniversaire de la fondation de notre Société qui aura bientôt quarante ans.

Quarante ans, c'est quelque chose dans la vie d'un homme, mais dans l'existence des Sociétés c'est bien peu, et pourtant en ce qui concerne notre Société, beaucoup de choses utiles ont été réalisées ; en partant de peu nous sommes parvenus à être une notoriété, à être une organisation utile, tenant dès à présent une grande place, et pleine d'espérance dans l'avenir.

Le banquet qui nous réunit nous fournit l'occasion de resserrer les liens d'amitié de nos membres, d'échanger des opinions diverses sur des difficultés résolues, de recueillir des conseils et des encouragements utiles même aux plus forts.

M. Marché qui a eu l'initiative de cette réunion, et dont nous regrettons l'absence, a eu une excellente pensée, et je crois l'occasion bonne pour l'en remercier, et je vous remercie aussi, Messieurs, de l'avoir comprise comme moi.

Le passé de notre Société est agréable à consulter, nous y voyons les fondateurs travailler avec ardeur à son développement et à lui créer une place dans le monde. Nous y voyons ses donateurs, apportant l'indispensable à toute chose qui repose sur une idée juste.

Nous connaissons ses Présidents, tous animés du plus grand esprit de progrès et continuateurs de l'impulsion primitive; et si nous constatons avec regret que quelques-uns ne sont plus avec nous, c'est pour affirmer que leur souvenir nous est resté vivant et honoré et que nos devanciers, se surpassant eux-mêmes, ont tous contribué à la grandeur et à la prospérité de notre Société.

Aujourd'hui, nous pouvons constater avec un légitime orgueil que

les efforts de nos aînés ont été couronnés de succès. Nous voyons nos Sociétaires à la tête de toutes les branches industrielles, nous en voyons qui étonnent le monde autant par la hardiesse de leurs conceptions que par la réussite de l'exécution.

Tous nos Sociétaires sont à des degrés divers les transformateurs de l'activité humaine pour son plus grand bien, et les remorqueurs du progrès.

A présent, il n'y a plus d'industrie ni aucun travail dans lequel on ne retrouve votre intervention, et rien de progressif ne se fait sans vous.

C'est la gloire de ceux qui ne sont plus, c'est la joie de ceux qui sont arrivés et qui agissent, mais c'est aussi l'espoir de ceux qui commencent.

Vous avez pu en juger à l'Exposition d'Anvers, que beaucoup de nos Sociétaires ont visitée isolément ou sous l'aimable conduite de M. de Comberousse, qui a reçu de nombreux remerciements, si bien mérités, que je n'oserai y ajouter un mot dans la crainte d'être inférieur au réel mérite.

Tout ce qu'on a vu et raconté de cette Exposition prouve jusqu'à quel point les Ingénieurs français sont aimés et honorés loin de chez eux comme ils le sont ici; et à ce propos, il m'est agréable de saluer M. Crampton, venu de l'autre côté du Détroit pour assister à notre fête de famille, et aussi de rappeler le souvenir des Sociétés belges, nos sœurs, dont l'hospitalité a laissé dans notre esprit l'empreinte d'une franche sympathie.

Vous avez pu apprécier la part considérable que les Ingénieurs français ont prise dans cette manifestation importante du travail et de l'intelligence et constater le nombre de récompenses qui leur ont été décernées.

En me réjouissant de la part d'honneur qui revient à chacun, je suis surtout très heureux de faire ressortir le relief qui en rejaillit sur notre Société et sur notre pays.

Messieurs, je propose de porter ce premier toast à nos aînés, à nos anciens Présidents, et a la prospérité de notre Société pour l'honneur de la Patrie.

TOAST DE M. DE COMBEROUSSE, ANCIEN PRÉSIDENT

Messieurs et chers Collègues,

Je prends la parole sur l'invitation de notre Président et, aussi, parce que mes prédécesseurs, M. Jordan et M. Martin, ont voulu me laisser le soin et l'honneur, ce dont je les remercie, de répondre au toast que M. Hersent vient de consacrer en partie à nos anciens Présidents.

Tous ont été dévoués à la Société; tous ont travaillé à sa prospérité, à

à sa grandeur; tous vous sont attachés par les liens d'une profonde gratitude; car ils doivent à vos suffrages le couronnement de leur carrière comme Ingénieurs civils. Ils suivent vos progrès avec bonheur, et la plus grande joie qu'ils puissent ressentir, c'est de voir leurs successeurs accroître par leurs efforts et leurs succès votre notoriété et votre influence.

M. Hersent n'a pas non plus oublié nos fondateurs qui, courageusement, nous ont ouvert la voie et ont tracé le premier et dur sillon. Ces initiateurs ont disparu, un seul excepté, M. Laurens, que nous avons le plaisir de voir assister à cette fête et auquel nous devons témoigner particulièrement notre sympathique reconnaissance.

Les commencements ont été pénibles; puis, sous l'impulsion de vos Présidents et de vos comités, la marche ascendante a été de plus en plus accusée, — si bien qu'à cette heure nous ignorons nous-mêmes la puissance dont nous pouvons disposer. Nous sommes presque trop modestes, et nous restreignons la part d'autorité qui nous appartient à bon droit, au point de vue de la science appliquée et du vaste domaine qu'embrasse notre profession.

Nous ressemblons à ces enfants que leurs parents, surpris par une croissance trop rapide, n'ont pas encore eu le temps d'habiller convenablement : leur pantalon tiré vers le haut laisse leurs chevilles découvertes, leur veste remonte dans le dos et ses manches dépassent à peine leurs coudes pointus.

Pour nous, c'est notre Hôtel qui est devenu trop étroit, nos services qui souffrent, notre bibliothèque qui est forcée de descendre au sous-sol. Il est temps de s'occuper de cette grave question, liée si intimement à notre développement nécessaire. Je suis bien certain que notre Président y a déjà réfléchi, et qu'il nous aidera de sa profonde expérience des affaires et de son jugement éclairé.

M. Hersent a félicité M. Marché de l'excellente pensée qu'il a eue en instituant cette fête de la fondation de notre Société. Combien ces félicitations sont méritées! Cette réunion nous permet une fois par an, ce n'est pas trop, de nous voir de plus près, d'échanger nos impressions en dehors du cercle de nos travaux techniques, de donner à ceux qui nous ont précédés un souvenir bien justifié, de retrouver un instant nos amis lointains et de resserrer les liens qui nous unissent.

Sans ce banquet, nous n'aurions pu saluer notre hôte, M. Crampton, venu exprès d'Angleterre, dont le nom restera inscrit sur ces grandes locomotives, son œuvre, qui, depuis longtemps déjà, accomplissent des merveilles et ont été l'un des principaux éléments des progrès réalisés par l'industrie des chemins de fer. Nous n'aurions pu dire à M. Ernest Polonceau combien nous sommes heureux de le voir désormais fixé à Paris et au chemin de fer d'Orléans, où il retrouvera avec une émotion familiale le glorieux souvenir de Camille Polonceau, notre ancien Président, qui nous est si cher à tous. Nous n'aurions pu remercier M. Coi-

seau, le bras droit de notre Président à Anvers, d'avoir quitté, lui aussi, la Belgique, pour se trouver ce soir parmi nous.

Vous me permettrez donc, Messieurs et chers Collègues, d'imiter M. Hersent et d'envoyer à M. Marché, dont nous regrettons l'absence, le témoignage de notre cordiale estime et de notre sincère affection.

Notre Président a terminé son discours par un mot qui nous a été au cœur. Il a parlé de la Patrie... Elle est passionnément aimée à la Société des Ingénieurs civils. Nous voudrions pouvoir lui donner des preuves de notre dévouement. Nous avons essayé de le faire, lors des désastres de 1870. Pour nous, le gouvernement, si surchargé, ne doit faire que ce que l'industrie privée ne peut pas faire aussi bien ou mieux que lui. A l'État, le contrôle sévère; à l'industrie privée, l'entente des moyens économiques, la recherche des solutions simples et rapides, l'entraînement de la concurrence.

Les intérêts de la Patrie sont donc ici liés intimement avec nos désirs et nos aspirations. Un pas a déjà été fait dans cette direction. Nous souhaitons que toutes les barrières soient abaissées. Notre Société peut promettre au gouvernement que le génie civil, dans toutes ses branches, sera à la hauteur de la confiance qu'on lui témoignera.

Messieurs et chers Collègues, je remercie notre Président, et je bois à la grandeur morale et à l'extension effective de la Société des Ingénieurs civils.

TOAST DE M. EIFFEL, VICE-PRÉSIDENT

Messieurs et chers Collègues,

Je n'ai qu'un mot à dire, et vous regretteriez qu'il ne fût pas dit. Je veux rappeler à votre souvenir ceux de nos collègues qui ne sont pas parmi nous aujourd'hui, et surtout ceux qui, dans les divers points de la France et à l'Etranger, maintiennent le renom de la Société des Ingénieurs civils. Reportons donc dans un sentiment de solidarité et de sympathie notre pensée vers eux, en quelques points du globe qu'ils se trouvent, et qu'ils apprennent que nous buvons aujourd'hui à leur santé et à leurs succès.

TOAST DE M. MAX DE NANSOUTY, SECRÉTAIRE

Messieurs,

Il est d'usage récent, et cordial, autant que ce banquet, que « les jeunes » de la Société des Ingénieurs civils portent à cette réunion solennelle la santé de leurs « anciens ». Je m'y conforme et c'est alors la santé même de notre Société que je vais porter ici, car elle est et reste constamment jeune en la personne de ses chers et éminents anciens que l'on trouve toujours à la tête de tout ce qui est nouveau, de tout ce qui constitue le Progrès de l'Industrie et de la Science, de tout ce qui intéresse et assure leur avenir.

Oui, Messieurs ; oui, chers et respectés anciens, qui êtes notre appui, notre gloire et notre exemple, en vous voyant je me dis qu'on ne vieillit pas à la Société des Ingénieurs civils ! Je vous remercie d'en montrer l'art et la formule à ceux qui vous suivent dans les carrières que vous avez illustrées et c'est le verre plein d'un champagne de Jouvence, qu'au nom des jeunes, je porte avec fierté et reconnaissance, votre santé !

Liste des Membres souscripteurs.

MM.

1848. Benoit-Duportail, Laurens.
1852. Courtines, Decaux.
1854. Jousselin, Martin *(Louis)*.
1855. De Comberousse.
1857. Eiffel, Perignon, Roy *(Edmond)*.
1859. Mallet *(Anatole)*.
1860. Hallopeau, Le Brun *(Raymond)*.
1862. Badois, Jordan.
1863. Carimantrand, Lencauchez, Orsatti, Regnard.
1864. Poupard.
1868. Chaligny.
1869. Dru *(Léon)*, Garnier *(Paul)*.
1871. Cotard, Damoizeau, Delaporte *(Georges)*, Larrue.
1872. Buquet, Chabrier *(Fortuné)*, Herscher *(Charles)*, Lemoine *(Auguste)*, Martin *(Auguste)*.
1873. Poillon, Polonceau, Zbyszewski.
1874. Casalonga, Guyenet, Verstraet.
1875. Bougarel, Crampton. Donon, Fleury *(Jules)*, Hersent, Mercier *(Gustave)*, Plichon.
1876. Salomon *(Georges)*.
1877. Heinrich, Kern, Roger.
1878. Decauville, Drouin, Dulac, Ravasse, de Schryver.
1879. Baril, Berthon *(Louis)*, Cahen *(Albert)*, Herscher *(Ernest)*.
1880. Baudet, Boudier, Cantagrel, Chassevent, Demolon, Godillot, Goumet, Hauet, Legenisel, Mauger *(Lucien)*, Max de Nansouty, Montagnier, Olivier *(Arsène)*, Piérard, Vaslin, Vuillaume.
1881. Auquetin, Cabanellas, Gérard *(Joseph)*, Joubert *(Louis)*, Kessler, Rose.
1882. Arrault, de Dax, Josse, Vauthelèret.
1883. Henry *(Louis)*, Kreutzberger, Letestu.
1884. Bertrand de Fontviolant, Bonnet *(Auguste)*, Furno, Milinaire *(Clément)*.
1885. Coiseau, Compère, Lelong, Milinaire *(Pierre)*, Pozzy.
1886. Bauer, Doux, Jourdan, Marot, Mialane, de Ribes.

Séance du 19 mars 1886.

PRÉSIDENCE DE M. HERSENT.

La séance est ouverte à neuf heures.

M. LE PRÉSIDENT prie l'assemblée de l'excuser d'ouvrir la séance aussi tard; ce retard est dû à ce que le Bureau vient de s'occuper de plusieurs questions assez importantes qui ont donné lieu à une discussion plus longue qu'on ne pouvait prévoir, et qu'il a même fallu remettre à une autre réunion.

Le procès-verbal de la séance du 5 mars est adopté.

M. MAX DE NANSOUTY donne lecture de la notice nécrologique suivante :

Messieurs, j'ai la douloureuse mission d'annoncer à la Société des Ingénieurs Civils la mort de M. Félix Le Blanc, membre de la Société, Ingénieur civil des Mines, professeur à l'Ecole Centrale des Arts et Manufactures et vice-président de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale.

Félix Le Blanc, décédé le 8 mars dernier, était membre de notre Société depuis 1872, et s'intéressait d'une façon très vive à tous ses travaux : j'en ai eu plusieurs fois personnellement la preuve alors que j'avais l'honneur d'être le préparateur de son cours à l'École Centrale.

Né le 15 novembre 1813 à Florence, alors compris dans le département français de l'Arno, Félix Le Blanc obtint en 1836 le brevet d'Ingénieur civil des Mines; reçu bientôt après licencié ès sciences physiques, il eut la bonne fortune d'entrer en 1839 dans le laboratoire particulier de l'admirable savant J.-B. Dumas. Il y resta jusqu'en 1845, et, sous la direction de ce maître incomparable, à la source de cette science dont la mort n'a pu ni éteindre ni diminuer la lumineuse clarté, le jeune ingénieur se révéla un chimiste distingué ; on lui doit plusieurs études importantes faites en collaboration avec J.-B. Dumas et Malagutti.

En chimie organique, il faut citer ses travaux sur l'hématine du bois de campêche, sur l'éther acétique perchloré, sur la déshydratation des sels ammoniacaux et des amides par l'acide phosphorique.

En chimie minérale, des recherches sur la dissolution de l'oxygène dans le litharge en fusion et sur la composition de l'air confiné.

Ses recherches et ses expériences sur la ventilation des hôpitaux, des casernes, des prisons sont bien connues. Il montra le rôle prépondérant joué par l'oxyde de carbone dans les asphyxies.

Enfin, ses déterminations photométriques et ses études sur l'éclairage public furent assez remarquées pour lui valoir la croix de la Légion d'honneur et la situation importante de Vérificateur du gaz de la Ville de Paris, fonction dans laquelle il apporta constamment autant de précision et de conscience que de talent.

Travailleur convaincu et infatigable, Félix Le Blanc a rendu dans les diverses branches de la science pure et appliquée où l'avait conduit sa vocation, de réels services à son pays. Il a montré que, sur l'éducation première générale d'un Ingénieur civil laborieux, pouvaient se développer les qualités spéciales d'un expérimentateur habile et d'un chercheur délicat. Il a su enfin enseigner avec méthode et précision et transmettre à de nombreuses générations d'élèves les grandes traditions puisées dans la parole même des maîtres et dans leur propre exemple. L'estime et les regrets de ses collègues accompagnent dans la tombe cet homme de mérite et de bien. (*Applaudissements.*)

M. LE PRÉSIDENT remercie M. de Nansouty d'avoir bien voulu se charger de rendre l'hommage qui était dû à la mémoire de notre regretté collègue, M. Félix Le Blanc.

Il donne ensuite la parole à M. Boudenoot qui désire présenter quelques observations très brèves.

M. BOUDENOOT. — Messieurs, j'ai demandé à notre Président de vouloir bien me permettre de retenir un instant votre attention avant de passer à l'ordre du jour, parce que les observations que j'ai à présenter sont très brèves, de même que celles que vous exposait, il y a quinze jours, notre collègue M. Armengaud; et parce que précisément elles se rapportent au même objet, dont l'actualité est pressante. Si une absence assez longue ne m'avait empêché d'assister à la dernière séance, j'aurais simplement ajouté quelques mots à la courte communication de M. Armengaud. Vous m'excuserez, je l'espère, de ne le faire qu'aujourd'hui et de revenir très rapidement sur la question, car elle est de celles qui méritent tout votre intérêt, qui doivent et qui peuvent avec fruit être débattues au sein de notre Société; et elle a besoin, pour être résolue d'une façon à peu près satisfaisante, du concours de toutes les bonnes volontés.

C'est dans cet esprit que j'avais lu avec la plus grande attention le questionnaire que la Commission, chargée d'étudier les mesures à prendre pour assurer aux voyageurs de nouvelles garanties de sécurité, a adressé à la plupart d'entre nous.

J'avouerai tout de suite que sur les 26 paragraphes-questions que renferme ce document (et il est à noter que chaque paragraphe en contient cinq ou six autres, ce qui porte à plus de 150 le nombre des questions posées), j'avouerai, dis-je, que sur ces 150 questions, mon attention n'a été vivement attirée que par le paragraphe 22 ainsi conçu :

Les trains pourraient-ils être munis de dispositifs rendant plus efficace et plus continue, de leur poste, par les agents, soit de jour, soit

de nuit, la surveillance, soit du train, soit de chaque voiture ou même de chaque compartiment? — Quelles modifications le matériel roulant actuel aurait-il à subir? Quels dispositifs? Vigies intérieures ou extérieures de formes et dispositions spéciales? Miroirs? etc.?

Après l'avoir lu, il m'a semblé aussitôt qu'en même temps qu'aux miroirs on devait songer aux appareils acoustiques; et que l'oreille, aussi bien que l'œil, pouvait jouer son rôle dans la surveillance à exercer. J'ajoute que je pensai aussi que, pendant la nuit, l'œil ne voit pas, mais l'oreille entend toujours, ce qui me paraissait constituer un avantage au profit de l'oreille.

Je suis très heureux d'avoir ainsi rencontré la même idée première qu'un aussi éminent collègue que M. Armengaud. Quant à l'idée seconde, je veux dire par là le moyen pratique d'exécution, celle qui m'a été suggérée par un ancien mécanicien, retraité dans ma petite ville natale, et avec qui je m'entretiens volontiers des sujets qui lui rappellent son métier d'autrefois, cette idée seconde, dis-je, diffère de celle que vous a communiquée notre collègue, et je vais vous l'exposer en deux mots.

M. Armengaud pense se servir du téléphone en plaçant un récepteur à proximité du conducteur du train. M. Fazon (c'est le nom du mécanicien avec qui je discutais la question à propos du meurtre de M. Barrême) me fit remarquer qu'on pourrait peut-être disposer le lanterneau, dans lequel repose le globe des lampes éclairant chaque wagon, en une sorte de chambre acoustique aboutissant à un tuyau régnant tout le long du train. A l'arrière, il se terminerait par un cornet acoustique permettant au conducteur d'entendre les bruits résultant d'un incident inaccoutumé qui surgirait dans le train.

Les tuyaux nécessaires seraient légers, d'un diamètre peu considérable. cinq ou six centimètres; la dépense serait faible; et l'adaptation au matériel roulant des Compagnies, tel qu'il existe aujourd'hui, n'exigerait que de petites modifications. Notez que, la cabine des conducteurs étant à l'arrière, le mouvement du train porte les bruits vers son oreille.

Il est bien entendu qu'il faudrait régler l'audition de manière que le conducteur n'entendît que les bruits insolites, et non les autres, comme l'a fort justement remarqué M. Armengaud. Le public, en effet, ne serait pas content, s'il pensait que toutes ses conversations pussent être entendues. Il arrive souvent que les hommes d'affaires parlent entre eux, en voyage, de leurs opérations financières, commerciales, industrielles, et traitent de ventes, d'achats, de marchés divers, dont la réalisation exige le secret. Il arrive aussi, parfois, aux voyageurs de parler politique, et par exemple de dire crûment leur opinion sur les hommes et les choses. Songez aux conséquences qui pourraient en résulter, si jamais, ce qu'à Dieu ne plaise, l'État venait à exploiter les chemins de fer et qu'alors

chaque agent de train devînt un agent du Gouvernement! — Voilà une police dont on ne tarderait pas à demander la suppression.

Quoi qu'il en soit de ces réflexions dont vous jugerez peut-être qu'il y a lieu de tenir compte dans une certaine mesure, je crois intéressant d'expérimenter les appareils acoustiques et je me permets de recommander l'idée que je viens de soumettre à l'attention des ingénieurs de nos grandes lignes.

Avec le téléphone, il suffira d'un simple fil qui coure le long du train ; mais il faudra un appareil microphonique, un appareil récepteur, puis une source d'électricité.

Avec le système dont je viens d'indiquer le principe, il faut, au lieu d'un fil, un tuyau courant le long du train, ce qui est moins commode. Mais il n'est pas besoin d'appareils microphoniques, ni de récepteur, ni de source d'électricité.

Il suffit de disposer le lanterneau d'une façon convenable et de terminer le tuyau en cornet acoustique.

Je n'ai pas la prétention de dire *a priori* que ce procédé vaut mieux que l'autre. J'ai voulu seulement signaler le second après le premier, et si des expériences sont tentées pour l'un, peut-être n'est-il pas inutile qu'elles le soient pour l'autre. Je pense que, dans ce cas, comme d'ailleurs en tout ce qui relève de la science et de l'art de l'Ingénieur, c'est l'expérience, c'est la pratique qui décide souverainement et en dernier ressort.

M. Armengaud jeune. — Messieurs, je me félicite d'avoir porté à la connaissance de la Société le questionnaire dressé par la Commission de sécurité des chemins de fer, puisqu'elle a provoqué cette communication de notre aimable collègue, M. Boudenoot, trop aimable pour moi, je le dis en passant. Il est à souhaiter que le système d'intercommunication acoustique soit expérimenté en même temps que tous les autres systèmes qui reposent également sur un principe rationnel. La comparaison des résultats obtenus permettra seule de fixer les Ingénieurs sur le choix du meilleur système à adopter.

Je profite de cette occasion pour annoncer que la question d'application du téléphone a fait quelques progrès, depuis que j'ai eu l'honneur d'en entretenir la Société. Avec la transmission téléphonique, on a fait observer qu'il serait fâcheux que les conversations échangées entre les voyageurs dans un compartiment pussent être entendues par le conducteur du train. C'est pour obvier à cet inconvénient que M. Ader, l'inventeur du téléphone qui porte son nom, a combiné un appareil avertisseur qui va être essayé prochainement. Il est disposé de telle manière que seuls les éclats de voix, les cris aigus, les appels de détresse qui se produiront dans un compartiment, pourront parvenir au conducteur du train. Mais, au lieu d'être perçus directement, ils auront pour effet, par l'intermédiaire d'un relais, d'agir sur une sonnette électrique

et c'est simplement par une sonnerie que le conducteur sera averti. Il pourra alors surveiller le train, se déranger ou, de sa place, voir à droite et à gauche si personne ne descend avant la station. De cette façon, si on n'arrive pas à temps pour sauver la victime, tout au moins pourra-t-on empêcher l'auteur de l'attentat de s'échapper; ce qui évitera pour l'avenir l'impunité dont ont pu jouir jusqu'à ce jour les criminels sur les chemins de fer.

M. LE PRÉSIDENT dit qu'il est du devoir de la Société des Ingénieurs Civils et des savants en général, de s'occuper de rechercher les moyens d'assurer la sécurité des voyageurs en chemin de fer; il convient de féliciter ceux de nos collègues qui veulent bien travailler cette importante question, et de remercier en particulier MM. Boudenoot et Armengaud des observations qu'ils ont présentées.

La Société a reçu de M. H. Paur, son correspondant en Suisse, au nom de l'*Association des anciens élèves de l'École Polytechnique de Zurich*, la circulaire et le questionnaire suivants :

1° CIRCULAIRE CONCERNANT L'ÉDUCATION PRATIQUE DES INGÉNIEURS-MÉCANICIENS

M

Partant du point de vue que la question de la marche des études des techniciens est d'un intérêt général et d'une incontestable importance, eu égard à la concurrence excessive et aux exigences contradictoires qui caractérisent l'époque à laquelle nous vivons, le Comité de la Société des anciens Polytechniciens avait mis à l'ordre du jour de la dernière assemblée générale qui a eu lieu à Lucerne, l'examen de cette question et avait prié M. Waldner d'ouvrir la discussion par un rapport sur la matière.

L'orateur se borna à l'examen de la question de l'éducation pratique des ingénieurs-mécaniciens et l'assemblée, pénétrée de la haute importance du sujet, non seulement décida la publication du rapport (v. *Bauzeitung*, Bd. IV No. 1. 4 Juillet 85) mais encore chargea le Comité d'étudier la question plus à fond et de lui soumettre des propositions.

En exécution de cette décision, nous prenons la liberté de nous adresser à vous pour vous prier de vouloir bien répondre aux questions contenues dans la formule ci-jointe.

Nous croyons d'autant plus pouvoir compter sur votre bienveillant concours que chaque praticien a fait des expériences et est arrivé ainsi à avoir une opinion à ce sujet.

Il est vrai qu'il n'est pas possible d'établir une règle pouvant s'appliquer indifféremment et dans tous les cas. Ce n'est pas là non plus notre

intention, puisque le caractère et les dispositions d'un jeune homme doivent être pris en considération. La marche des études différera quelque peu suivant le but à obtenir, c'est-à-dire selon que le jeune ingénieur-mécanicien sera fixé ou non, d'avance et exactement, sur sa spécialité et plus particulièrement sur la carrière à laquelle il doit se préparer.

En conséquence de ce qui précède, il serait à désirer que les réponses faites à ces questions fussent accompagnées d'un exposé succinct des motifs qui les ont déterminées.

Nous vous serions très obligés si vous pouviez nous faire parvenir vos données d'ici à la fin de ce mois.

En attendant, nous vous prions, M. d'agréer l'assurance de notre parfaite considération.

Le Président : Herm. Bleuer.
Le Secrétaire : H. Paur, Ing.

2° QUESTIONNAIRE ANNEXÉ A LA CIRCULAIRE CI-DESSUS :

1° Croyez-vous qu'un apprentissage pratique soit nécessaire pour les jeunes ingénieurs-mécaniciens?

2° Dans le cas affirmatif, cet apprentissage doit-il avoir lieu, *avant*, *pendant* (dans des ateliers relevant de l'École technique supérieure) ou *après* l'École polytechnique?

3° Combien de temps l'apprentissage pratique doit-il durer?

4° Où et à quel titre le jeune homme doit-il faire cet apprentissage?

M. le Président donne la parole à M. Cabanellas pour sa Communication sur les *Principes théoriques et les Conditions techniques de l'Application de l'Électricité dynamique au Transport et à la Distribution automatique de l'Énergie sous ses principales formes : Chaleur, Lumière, Electricité, Action chimique, Action mécanique.*

M. Cabanellas : — Messieurs, il y a trois ans, j'ai eu l'honneur de traiter devant vous le Transport électrique de la puissance mécanique ; aujourd'hui, il s'agit du Transport et de la Distribution de l'Énergie sous ses principales formes.

Le Mémoire que j'ai remis comprendra la matière du Mémoire auquel vous avez décerné une Médaille d'or en 1883, la matière du Mémoire auquel, en 1884, l'Académie des Sciences a voté l'Encouragement d'une Médaille, sur les fonds du grand prix des Sciences mathématiques ; en outre, il comprendra plusieurs parties nouvelles et inédites.

Dans une soirée, surtout dans ce qui reste de cette soirée, je ne peux avoir d'autre ambition que de vous donner l'idée d'examiner le Mémoire, lorsqu'il paraîtra dans les papiers de la Société.

Toutes les personnes intéressées ont été invitées par notre Président ; dans l'intérêt du sujet, je les prie de ne pas me ménager les critiques et les objections : la place la meilleure me paraît être après mon Exposé, la fin de ma Communication pouvant répondre à des objections suggérées par le commencement.

Comme il y a trois ans, je vous demanderai la permission de dire franchement ce que je pense, simplement, sans périphrase ; je pourrais difficilement m'astreindre à une autre ligne de conduite, et la rapidité y perdrait. J'entends, je l'affirme expressément, ne m'attaquer qu'aux idées. Je ne me crois pas infaillible, je suis sûr seulement d'une chose : c'est d'être de bonne foi. Quand je dirai : cette théorie est fausse, il sera sous-entendu que je veux dire : je crois que cette théorie est fausse. Il m'arrivera aussi, souvent, de citer le nom de l'auteur, par abréviation, et cela voudra dire : la théorie de l'auteur.

Je regrette que la conclusion de la doctrine que je vais exposer soit très défavorable à M. Marcel Deprez. Plusieurs d'entre vous savent que je suis loin d'être un adversaire de parti pris. Il fut un temps où je partageais la foi contagieuse qu'il avait en lui-même, à tel point que c'est par ma volonté et par mon influence que le nouvel Académicien a été placé à la tête des Ingénieurs du Syndicat qui l'a conduit à la haute position industrielle qu'il occupe aujourd'hui dans la maison Rothschild.

J'ajouterai que j'ai retardé la présente Communication jusqu'après son élection, afin d'écarter toute interprétation possible d'intention de préjudice à la personne.

Nous vivons à une époque d'extrême division du travail. Les produits d'une Industrie sont les éléments, les aliments d'une autre. Je ne critique ni ne loue ; je constate.

La tendance est poussée tellement loin, que cette division du travail s'applique même aux choses de la pensée. Nous avons une Presse, je ne dirai pas seulement Scientifique, mais surtout Quotidienne, qui croit avoir le mandat, qui l'exerce du moins, de nous préparer l'aliment des pensées qui doivent nous préoccuper ; une Question n'existe que quand la Presse a jugé à propos de lui donner l'existence.

Ainsi, aujourd'hui, c'est par cette volonté de la Presse que chacun sait :

1° Que la Question du Transport de l'Énergie est une grande Question ;

2° Que M. Marcel Deprez l'a inventée ;

3° Qu'il l'a résolue.

Or, le primo seul est exact. Le Public qui grâce à la Presse a cette religion faite, et, par « le Public », j'entends le Public général, quoiqu'il faille bien avouer que, au point de vue de l'influence de la Presse, tous, *volens*, *nolens*, nous faisons un peu partie de ce Public, le Public dis-je, qui sait si bien cela, serait très étonné d'apprendre qu'en 1879 et 1880, M. Marcel Deprez regardait comme une utopie irréalisable le Programme, qui était le mien et que je lui communiquais, Pro-

gramme consistant à prendre l'*Energie* aux sources puissantes de la Nature, à la *Transformer* en électricité, pour la *Transporter* au loin et la *Distribuer* automatiquement suivant les différentes *formes* qui peuvent être utiles à nos besoins. Le terme même : *Transport et Distribution de l'Energie* lui paraissait ambitieux, inadmissible ; ce terme n'est plus discuté aujourd'hui.

M. Deprez me déclarait que, pour lui, la seule chose possible était, comme il l'essayait à cette époque, de se servir de l'Electricité pour distribuer la force de la machine à vapeur d'un atelier aux différentes machines-outils de l'atelier. Son objectif était donc tout au plus la *Transmission électrique*, expression qui appartient à notre collègue M. Fontaine, et qui, convenablement étendue, représente, je crois, le fonds actuel de la croyance de l'Administrateur autorisé de la Société Gramme.

Sauf pour quelques droits intellectuels, respectables cependant, cette erreur d'opinion imposée par la Presse n'a pas grand inconvénient, elle a trait au Passé et n'est pas d'Intérêt général.

Mais l'erreur imposée par le tertio est beaucoup plus grave et devient tout à fait d'Intérêt général ;

En effet : M. Deprez n'a pas résolu la Question.

Je ne dis pas que les machines actuelles, que vous connaissez ou du moins dont vous avez entendu parler à propos des Expériences de Transport qui se font entre Creil et Paris, je ne dis pas que ces machines ne tournent pas ; je ne dis même pas qu'elles ne tourneront pas très longtemps.

Mais je vous mettrai à même de constater qu'en supposant leur fonctionnement parfait, les données qui ont présidé à leur construction sont telles, que, Agence de Publicité à part, lorsque l'Industrie aura eu le temps d'examiner froidement les résultats et de les comparer aux dépenses du matériel-machines nécessitées par l'opération, la conclusion fatale sera que, si on admet que ces machines ont réalisé tout ce qu'on peut faire de mieux en l'état présent, la conclusion fatale sera qu'il faut plier bagage, qu'il faut renoncer à l'Application industrielle du Transport de l'Énergie.

Je suis d'autant plus à mon aise pour admettre que ces machines peuvent fonctionner bien et longtemps, que je n'ai jamais parlé autrement. Certaines personnes ont pensé que le fonctionnement ne pouvait être que de courte durée ; pour moi j'ai toujours pensé et publié le contraire. Au Congrès de Blois, il y a deux ans, j'ai dit que, pourvu que les machines Gramme, construites par M. Deprez, soient supposées à peu près convenablement établies, le problème posé était des plus faciles à résoudre, au point de vue du fait purement technique.

J'ai dit et je prouve qu'il est d'Intérêt général, de rectifier sans retard cette partie de l'erreur imposée par la Presse : à savoir que M. Deprez ait apporté la solution.

En effet, il y a un revers à chaque médaille et une limite très dangereuse à la toute-puissance de la Presse : le jour où l'on s'aperçoit que, définitivement il y a eu erreur, la Presse devient brusquement impuissante, elle ne peut plus soutenir l'opinion qu'elle a cherché à imposer, et comme elle ne veut jamais se tromper, elle se tire d'affaire en accentuant et rendant plus impitoyable encore la réaction déjà d'autant plus dure et brutale que l'erreur a été imposée plus longtemps.

J'insiste sur cette circonstance aggravante que la grande Question que je vais avoir l'honneur de traiter a eu la bonne fortune de rencontrer le plus puissant des appuis industriels et financiers, de telle sorte que si elle devait succomber et être abandonnée dans des conditions pareilles, elle tomberait de si haut qu'elle serait morte pour bien longtemps.

Or, l'insuffisance d'analyse et de synthèse, dont M. Deprez a donné la preuve depuis des années, est telle, comme nous allons le voir, que ce pronostic désastreux se réaliserait certainement, s'il ne se produisait pas une intervention nette et directe, comme celle que je vais porter, non pas à la connaissance du Public, mais seulement à la connaissance d'un Milieu technique aussi sérieux que la Société des Ingénieurs Civils.

Il n'est que trop facile de prouver qu'en laissant aller les choses, nous étions conduits avec certitude au désastre que j'ai la volonté et le pouvoir d'éviter : tout récemment, M. Deprez ne publiait-il pas qu'à ses yeux, les machines du type de celles qui existent en ce moment à Creil et à Paris sont le dernier terme de l'Application de la dynamo au Transport de l'Énergie, il disait nettement que la grande machine de l'avenir devrait être combinée d'après les mêmes données. Eh bien! nous allons voir que, sans dépasser un éclectisme intelligent basé sur ce qui se fait actuellement dans l'Industrie des dynamos, il eût été possible d'obtenir en dépensant *un* de matière ce que M. Deprez a obtenu en dépensant *six* de matière.

Et même, affirmation destinée à vous surprendre, je ne me le dissimule pas, nous verrons, en outre, par les schémas qui, au milieu de ce Tableau, représentent le principe géométrique sur lequel est basé le type de dynamos Gramme accouplées qu'il considère comme le dernier terme du progrès, nous verrons que ce type est basé sur une véritable erreur de conception, laquelle, d'emblée, diminue les bons effets de ce qu'il peut obtenir, dans la proportion au moins de 2 à 1.

Pour ne pas ressembler au Maître d'école de la Fable, mon intention est de vous montrer pourquoi ces machines sont mauvaises, où l'erreur a été commise, quelle est la partie capitale du *processus* physique des dynamos qui a complètement échappé à M. Deprez; enfin je dirai comment il est possible de construire des machines qui échappent à ces

inconvénients rédhibitoires et qui rendent l'application industrielle rationnelle et avantageuse.

Je terminerai en vous indiquant un moyen qui, je l'espère, permettra de produire, avec *un* de matière, ce qu'on produit actuellement avec *quatre* et davantage : je parle de ce qui est bien fait, car, par rapport aux machines de M. Deprez, cela constituerait un bénéfice environ dans la proportion de *vingt-quatre* à *un*.

Je considère comme un devoir de vous en informer, vous d'abord; je n'ai pas oublié le libéralisme avec lequel, il y a trois ans, vous avez permis à mes idées de s'exprimer, à des idées qui étaient fort mal reçues partout ailleurs, dans des Sociétés savantes dites libres, et à l'Académie des Sciences, qui ne cache pas l'autoritarisme de son fonctionnement.

Par le système autoritaire de cette Institution, il a été possible que des idées justes, dont la suite a prouvé l'exactitude, plus qu'il n'était même désirable, fussent repoussées pendant longtemps; que pendant plusieurs années, des travaux qui n'étaient pas jugés mauvais, puisque, un peu plus tard, l'Académie elle-même devait leur accorder une récompense, que des travaux sérieux fussent consignés strictement hors des *Comptes Rendus*, par la volonté d'un seul, M. Bertrand, Secrétaire perpétuel. La seule raison, d'ailleurs, était que ces idées, contraires aux intérêts scientifiques du Cinématiste ingénieux qu'il protégeait de toutes ses forces, lui semblaient, par suite, des plus condamnables.

L'exil supporté avec une dignité ferme, l'excès de la persécution a amené une réaction favorable, sous forme de l'appui offert spontanément par l'éminent Mécanicien et Académicien Tresca, le regretté et vénéré Président de notre Société des Ingénieurs Civils.

Mon respect profond pour notre grand Institut national n'a été atteint à aucun degré, bien entendu, et l'intervention de Tresca, dont chacun a connu le tempérament autoritaire, en serait une preuve suffisante; jamais je n'ai cessé de regarder M. Bertrand comme un Géomètre de la plus haute valeur, mais j'ai regretté que ce Savant n'ait pas eu le temps d'étudier, par lui-même, une Question dans laquelle il prenait parti, au lieu de la juger de confiance.

Cette confiance était trop grande, puisqu'elle l'a conduit à publier dans une Revue scientifique et dans la *Revue des Deux Mondes*, un travail de longue haleine, dans lequel il expose, entre autres choses, que le secret, du Transport économique de l'Énergie à grande distance, est l'emploi dans les dynamos, de fils aussi fins que possible, alors que le contraire est la vérité ainsi que je l'avais déjà prouvé à cette époque, et ainsi que tout le monde le sait aujourd'hui.

M. Bertrand, entraîné par son affection, en était arrivé à traiter Léon Foucault, et l'on dit même Newton, pas très bien, du moins par comparaison.

Sans doute, quand on a raison dans le fond, on finit toujours par avoir raison dans le fait; mais on ne peut cependant s'empêcher de regretter l'énergie qu'il a fallu dépenser mal à propos.

La sagesse de vos Fondateurs et des Statuts qu'ils vous ont donnés a su éviter ces pertes de force vive.

Certes tous ceux d'entre nous qui ont dépassé la moitié de la vie, savent que le Principe d'Autorité est nécessaire pour toute œuvre exécutive, si nécessaire qu'il ne cesse pas d'être salutaire même avec un certain arbitraire.

Mais, chaque ordre de phénomènes a sa dominante, et, lorsqu'il s'agit d'examen, de recherches, scientifiques ou techniques, la dominante est le libéralisme le plus absolu ; n'est-il pas évident que, s'il faut seulement faire pénétrer l'air et la lumière sous un toit, il n'y a jamais trop de portes à laisser grandes ouvertes, d'autant plus que la lumière en question peut venir de divers points cardinaux.

Si l'on admettait que nos approvisionnements de houille fussent épuisés, il est certain que, pour l'Humanité tout entière, l'utilisation des puissances naturelles deviendrait une question de vie ou de mort.

Pour notre Pays cette préoccupation est plus immédiate. Il est notoire que la main-d'œuvre fait défaut à l'agriculture et nous sommes dans des conditions désavantageuses pour l'abondance, l'extraction et le transport de la houille ; par contre, la nature nous a favorisés sous le rapport des puissantes naturelles (air et eau en mouvement).

M. Bouquet de la Grye, l'éminent Hydrographe et Membre de l'Institut, dont nous n'avons pas oublié l'importante Communication sur « Paris port de mer », a été frappé de ce point de vue. Il me le formulait, pour l'air, avec cette concision expressive qui caractérise les termes de notre chère marine, en disant : « La France est au vent de l'Europe. » Il faisait ainsi allusion aux avantages que la Tactique navale des vaisseaux à voiles reconnaissait dans la position *au vent* comparée à la position des combattants *sous le vent*.

Quant à l'eau, un de nos collègues, M. Chrétien, calculait que, environ 17 millions de chevaux-vapeur sont disponibles par le mouvement des eaux de notre Territoire.

Je relisais dernièrement le beau Programme d'Intérêt national, sur l'aménagement des eaux, développé au Congrès de Toulouse, en mai dernier, par notre collègue, M. Cotard, membre du Conseil supérieur de l'Agriculture, et j'étais frappé de la concordance parfaite qui existe entre l'Aménagement des eaux, tel qu'il le conçoit, c'est-à-dire par barrages à partir des sommets, et l'Application du Transport électrique de l'Énergie. Il est incontestable que la Question à laquelle il s'est voué est d'un intérêt majeur pour notre Pays. Le génie hydraulique des Anciens aurait le droit de considérer notre époque comme une période de barbarie, puisque, malgré toute notre science, nous nous bornons à

déplorer que, à des périodes presque régulières, une partie de notre Territoire soit la proie des fléaux successifs de l'inondation et de la sécheresse. Lorsque ce progrès nécessaire sera réalisé, nous constaterons, comme il arrive souvent, qu'un progrès sera le point d'appui d'un autre progrès.

Il est commode de considérer dans la Nature, d'une part l'Énergie, de l'autre son *substratum* matériel.

Il n'est pas certain qu'il y ait là deux termes distincts. En effet, l'Énergie et la Matière sont unies par des liens tellement intimes et indissolubles, qu'il est bien possible que la Matière ne soit qu'un état particulier de l'Énergie. Cependant, cette hypothèse est encore permise, elle facilite d'ailleurs l'enseignement élémentaire.

Tout ce que nous savons nous conduit à regarder l'Énergie et la Matière comme respectivement indestructibles.

Il est probable que les formes de l'Énergie sont très nombreuses, quoiqu'on en connaisse seulement quelques-unes. Ces formes ont été distinguées successivement et dans l'ordre indiqué par nos sens : d'abord la Chaleur et la Lumière : ce n'est que plus tard que nous avons connu l'Action chimique ; ensuite l'Électricité; plus tard, d'autres formes encore pourront être discernées.

L'Énergie se présente sous deux modes : le mode *actuel* et le mode *différé*.

Le mode actuel est la manifestation active de la tendance générale vers l'équilibre dynamique, vers l'égalisation de potentiels différents.

Le mode est différé, lorsque les potentiels ne sont pas laissés libres d'obéir à cette tendance.

Du moment où l'Énergie est indestructible, si elle quitte une forme, c'est pour prendre une autre forme ou plusieurs autres formes. Il est donc possible et il est utile de connaître les équivalences de l'Énergie sous ses différentes formes.

Le premier pas dans cette voie a été la détermination de l'Equivalent mécanique de la Chaleur. Les lois de Faraday et de Joule ne sont pas autre chose que l'expression des équivalences chimique et calorique de l'Électricité.

Si, maintenant, supposant ces équivalences déterminées, nous étudions chaque forme dans ses rapports avec la Matière, aussitôt s'impose la considération de deux facteurs caractéristiques : la circulation formelle dans la Matière ou le courant formel, et le potentiel de chacun des points matériels. Pour la Chaleur, les relations de ces deux éléments sont régies par les lois de Fourier ; pour l'Électricité par les lois de Ohm évidemment inspirées par les lois de Fourier, avec lesquelles elles ont beaucoup d'analogie.

Nous observons constamment que le courant formel limite est en rapport direct avec la section matérielle. Cette simple remarque nous indique

que, si nous voulons organiser économiquement, sous le mode actuel, un Transport d'Energie à grande distance, nous devrons forcément avoir recours aux potentiels très élevés sur tous les points du canal. Il y a là une nécessité commune, applicable à toutes les formes du mode actuel, puisque la quantité d'Énergie est, dans toutes les formes, proportionnelle, à la fois, à la quantité formelle et à la chute disponible de potentiel.

Il faut donc que la matière du Canal puisse supporter, sans changement d'état, les très hauts potentiels et qu'il soit possible d'isoler assez ces très hauts potentiels pour éviter les déperditions le long du chemin.

Seule, parmi les formes connues, la forme électrique répond à ces nécessités.

Nous venons de voir que les très hauts potentiels nous sont imposés sur la Ligne par l'économie de matière de la Ligne ou Canal servant à franchir la Distance du Transport; mais, en même temps l'emploi de ces très hauts potentiels nous permet de réaliser une organisation économique au point de vue de l'Énergie consommée sur le canal, car la loi de Joule nous apprend que ce qui reste d'Énergie sur une Ligne est proportionnel au carré du courant et à la résistance du Canal.

Faisons un instant abstraction complète du Générateur et du Récepteur du Transport, supposons ces appareils absolument parfaits, c'est-à-dire rendant toute l'Énergie qu'ils reçoivent. Ne considérons donc que la Ligne.

Si nous avons une Ligne d'une certaine construction, comme section et comme matière, et si nous faisons circuler dans cette Ligne d'une certaine longueur, un certain courant, nous introduisons dans cette Ligne une certaine Énergie, produit du courant et de la chute du potentiel disponible à l'entrée du Canal.

Il se régénère une certaine quantité d'Énergie dépensée sur la Ligne; la différence entre l'Énergie introduite dans la Ligne et l'Énergie consommée par la Ligne, est l'Énergie transportée; le rapport de cette Énergie au sortir de la Ligne à l'Énergie à l'entrée de la Ligne, est le rendement du Transport.

Maintenant, laissons constante la quantité d'Énergie, introduite dans la Ligne, mais modifions ses deux facteurs, c'est-à-dire, rendons plus grand le potentiel d'entrée et plus petit le courant. il restera moins d'Énergie sur la Ligne, nous aurons donc transporté une plus grande quantité d'Énergie à un meilleur rendement.

Il est clair que si nous voulons nous contenter du même Transport et du même rendement, nous pourrons allonger cette Ligne et réaliser, avec le même courant plus petit, le même rendement et le même Transport à plus grande distance. Vous n'en conclurez pas que le *rendement est indépendant de la distance*; car, si vous avez une plus petite distance, rien n'empêche d'employer, néanmoins, le même plus petit

courant avec le même plus haut potentiel d'entrée et par conséquent, de moins consommer sur la plus petite distance et de réaliser un Transport plus grand à meilleur rendement.

Le but de cette petite démonstration est seulement de bien établir que, laissant de côté les mérites ou les imperfections des appareils transformateurs d'Énergie du départ et de l'arrivée, les supposant même parfaits, le rendement n'en est pas moins tout à fait fonction de la distance.

Quand nous allons tout à l'heure entrer dans la réalité, c'est-à-dire, nous rendre compte de ce qu'est un appareil générateur et un appareil récepteur de courant, nous verrons que ces inconvénients s'accentuent de plus en plus; nous verrons que, lorsque nous chercherons à faire produire à une même carcasse de dynamo la même Énergie sous un plus petit courant, nous serons conduits à constater que les qualités de l'appareil se trouvent abaissées, c'est-à-dire que la puissance de transformation est devenue plus faible ainsi que le rendement individuel de l'appareil.

Je considère comme de la plus haute importance, dans l'appréciation de tout Transformateur, de se rendre compte de ce qu'on pourrait appeler l'utilisation de la matière, au même titre qu'on se rend compte de l'utilisation de l'Énergie.

Ce point de vue est, trop souvent, un peu laissé dans l'ombre; il l'est, en particulier, tout à fait par M. Marcel Deprez, peut-être par la raison que la quantité d'Énergie que l'Industrie courante transforme avec *un* de matière, M. Deprez est arrivé à la produire avec *six* de matière.

J'ai établi, et vous trouverez dans le Mémoire, un certain nombre de formules qui, pour un nombre quelconque de Transformateurs, relient ce que j'appellerai les *dépenses* et les *utilisations spécifiques* des matériaux des Transformateurs aux rendements individuels et d'ensemble des Transformateurs.

J'appelle *dépenses spécifiques* le rapport du poids total en kilogrammes au nombre de chevaux transformés utilement, et l'inverse de ce rapport, je l'appelle l'*utilisation spécifique*. L'application au Transport de Creil nous montre que la dépense spécifique des matériaux est, sans compter les poteaux télégraphiques, de 1986 kilogrammes par cheval utile, pour les machines Gramme d'émission et de réception et la Ligne, dans les conditions où ce Transport est réalisé. Admettant qu'il soit réalisé comme il devait l'être, c'est-à-dire qu'il comporte cent chevaux transportés au lieu de quarante, la dépense spécifique tomberait à 1014 kilogrammes par cheval utile.

Je dirai un mot de ce Tableau à gauche, que vous trouverez dans le Mémoire.

Je dois remercier les personnes qui ont bien voulu me communiquer une partie des chiffres dont je me suis servi : d'abord, M. Picou, Directeur technique de la Société Française Edison ; avec la sérénité que

donne la conscience de la réussite, M. Picou m'a laissé examiner et vérifier tous les éléments qui m'ont permis de déterminer les puissants champs magnétiques de ses machines.

Je remercie également M. de Lavison, officier d'artillerie, qui m'a donné quelques chiffres intéressants sur les armes à feu et sur ses dispositifs personnels spéciaux d'accumulateurs.

Je remercierai M. Arnoux, qui a bien voulu me donner plusieurs renseignements numériques, me calculer un certain nombre de champs magnétiques et d'applications numériques des formules que j'ai établies. J'attache un grand prix à l'assentiment et au concours de ce jeune électricien, d'un jugement sûr; on lui doit déjà plusieurs ingénieux appareils et dispositifs de mesure.

Je remercierai, dans les mêmes conditions, M. Street, qui a bien voulu me donner quelques chiffres; enfin M. Goupil, qui m'a communiqué des renseignements intéressants sur certains Transformateurs animés, sur les oiseaux ; et M. Leblanc, sur les locomotives rapides.

Ce premier Tableau présente un certain intérêt. Nous y trouvons classés les rendements et les dépenses spécifiques des différents genres de Transformateurs. Nous voyons, par exemple, que les dynamos de M. Deprez ont par cheval utile un rendement de 81 0/0 pour la Génératrice, de 87 0/0 pour la Réceptrice, une dépense spécifique des matériaux de 506 kilogrammes pour la Génératrice, et de 439 kilogrammes pour la Réceptrice, par cheval utile, alors que les dynamos d'Edison de grande puissance ont facilement un rendement de 97 0/0 avec une dépense de 80 kilogrammes par cheval utile.....

Je dois déclarer que les Maisons Siemens et Gramme, malgré une bonne volonté que je ne mets pas en doute, ne m'ont envoyé aucun chiffre; pour leurs champs magnétiques, j'ai été obligé de les calculer sur des données connues. Il résulte de ces calculs que la machine Siemens D^2 a un rendement de 81 0/0 et une dépense spécifique d'environ 43 kilogrammes par cheval ; les machines Gramme, type d'atelier, auraient un rendement de 65 0/0 et une dépense spécifique de 102 kilogrammes par cheval; le type dit supérieur aurait un rendement de 88 0/0 et une dépense spécifique de 48 kilogrammes. Enfin, un type tout à fait spécial, construit par M. Gramme pour les expériences d'aérostation de Meudon, aurait un rendement de 57 0/0, marchant à une vitesse maximum de 45 mètres par seconde, d'après les renseignements que je dois à M. Fontaine; ces conditions correspondraient à une dépense spécifique de seulement 17 kilogrammes par cheval.

Vous voyez là quelques renseignements sur les Transformateurs animés : L'Homme, le Cheval, etc.; le rendement des Transformateurs vivants est excellent ; il est tellement bon, que, dans les expériences faites à la Compagnie des Petites Voitures, par MM. Grandeau et Leclerc, il n'a pas été rare de trouver un rendement supérieur à l'unité, étant bien

entendu qu'on maintenait soigneusement l'équilibre de santé de ces animaux ; le rendement de l'Animal peut être considéré comme égal à l'unité, soit 100 0/0.

La dépense spécifique des matériaux est moins remarquable ; pour l'Homme et pour le Cheval, il y a lieu, je pense, de tenir compte du temps nécessairement employé aux repas et au sommeil, et le cheval-vapeur continu nécessiterait alors un poids d'homme de 1740 kilogrammes et de 1200 kilogrammes de cheval.

Dans la dépense spécifique des matériaux de la Baleine, 15000 kilogrammes, on n'a pas pu tenir compte de ces conditions, les données circonstanciées faisant défaut à l'égard de ce Cétacé non encore domestiqué.

La pile thermo-électrique Clamond, à lumière, construite en 1878, n'exigeait pas moins de 6800 kilogrammes par cheval, avec 1/2 0/0 de rendement. Dans le modèle construit par M. Carpentier, en 1885, la dépense spécifique est réduite à 1058 kilogrammes, et le rendement est à peu près le même.

Les calculs relatifs aux armes à feu sont intéressants, vous les trouverez dans le Mémoire. Le canon de siège de 155, les canons de campagne de 90 et de 80, le fusil Gras ont à peu près le même rendement de 14 0/0.

Les utilisations spécifiques sont remarquables. Le canon de 90 de campagne a une dépense spécifique de matériaux de 67 kilogrammes par cheval; le canon de 80 a 31 kilogrammes; le fusil Gras a 8 kilogrammes. Pour certains Transformateurs, l'amortissement prend une importance particulière, c'est le cas des armes de guerre, et cette face de la question devient frappante si l'on considère la vie active de l'arme à feu. Si on tient compte du temps de l'explosion et du passage du projectile dans l'arme, 1/250e de seconde; pour un canon qui tire, dans sa vie, 3000 coups, on arrive à une durée animée de seulement 12 secondes, et cette durée constitue un progrès considérable, réalisé par l'emploi des poudres relativement lentes : à l'époque de la guerre d'Espagne, les canons ne tiraient guère que 50 coups, ce qui correspond à une vie efficace de seulement deux dixièmes de seconde.

Pour la pile secondaire au plomb, la dépense spécifique est 60 à 50 kilogrammes par cheval; mais, par l'emploi de récipients spéciaux et de lames minces de zinc remplaçant après chargement les plaques qui doivent s'oxyder pendant la décharge, M. de Lavison est arrivé à réduire la dépense spécifique à 22 et 20 kilogrammes.

Le Pigeon a une dépense spécifique de 125 kilogrammes environ. Mais la palme semble appartenir au Bourdon des fleurs : il suffirait d'un poids de 6 kilogrammes de Bourdon des fleurs pour représenter un cheval-vapeur.

Nous verrons, à la fin de cette Communication, comment nous espé-

rons arriver à créer des dynamos pouvant rivaliser avec cette si remarquable puissance spécifique.

Nous allons passer en revue la Question du Transport de l'Énergie qui sera traitée complètement dans le Mémoire. Ces Tableaux placés devant vous nous permettront d'aller très vite.

Je montre que la base la plus rationnelle consiste à représenter le Transport par le produit de trois facteurs : le rendement individuel du Générateur, celui de la Ligne, et celui du Récepteur.

S'il s'agit du Transport électro-calorique, le rendement du Récepteur est excellent : il devient l'unité, à tel point que, au Congrès de 1881, j'ai émis l'opinion et j'ai prouvé que, dans une Organisation de Transport de l'Énergie, le Transport électro-calorique a parfaitement sa place et sa raison d'être. Le rendement, depuis le foyer de l'usine jusqu'à l'utilisation locale est tout à fait de même ordre que le rendement, modeste d'ailleurs, des cheminées ordinaires de nos appartements.

Il est important de remarquer que la Distribution électro-calorique est parfaite, elle ne comporte aucune perte par division. S'il n'en est pas de même de la Distribution de la Chaleur appliquée à la Lumière, c'est parce que le pouvoir lumineux est dans certaines limites une fonction exponentielle de la température.

Puisque, pour la Distribution électro-calorique, il n'y a aucune perte par division, on bénéficie de l'avantage de pouvoir partager la Chaleur en autant de parties que l'on veut et d'avoir par suite la meilleure utilisation dans l'application locale du calorique.

J'ai fait quelques expériences intéressantes d'où il résulte que, dans l'emploi journalier que nous faisons de la Chaleur, nous en gaspillons une quantité formidable tout à fait inutilisée. Par exemple, dans la préparation de nos aliments, il n'est même plus possible de prononcer le mot rendement si l'on se rend compte de la si minime Énergie représentée par les réactions chimiques accomplies.

La Distribution électro-calorique permettra d'arriver à une très grande économie relative et de résoudre facilement une foule de questions intéressant les applications domestiques et thérapeutiques dont la solution a jusqu'à présent été jugée impossible.

S'il s'agit de Transport électro-chimique ou électro-mécanique, chacun des trois facteurs peut se mettre sous l'une des formes :

$$\frac{EI - RI^2}{EI} \quad \text{ou} \quad \frac{EI}{EI + RI^2}$$

Et, si nous appelons m, m'', m' le rapport $\frac{E}{RI}$ de chacun des trois Transformateurs successifs : Générateur, Ligne, Récepteur, nous arrivons à la valeur $\frac{m-1}{m} \times \frac{m''-1}{m''} \times \frac{m'}{m'+1}$ pour

le rendement du Transport. Bien entendu, on pourrait faire l'inverse et remplacer la quantité $\frac{E}{R\ I}$ par le rapport inverse.

Cette formule donne le rendement électro-mécanique brut; vous verrez dans le Mémoire qu'il y a lieu de considérer aussi les déterminantes des rendements mécaniques purs pour arriver au rendement mécanique net du Transport.

S'il s'agit d'un Transport électro-mécanique, je ferai remarquer qu'il est nécessaire de tenir compte, en outre, de la transformation qui peut exister après le Récepteur, par exemple une transformation de vitesse d'axe, et il faudrait alors introduire un sixième facteur.

De même, s'il y avait avant le Générateur une transformation de vitesse d'axe, il faudrait introduire un septième facteur; il y aurait cinq facteurs dans le rendement du Transport électro-mécanique net, parce que la Ligne apporterait un seul facteur, son rendement électrique, et parce que la Réceptrice et la Génératrice apporteraient chacune deux rendements : l'un le rendement mécanique pur, l'autre le rendement électro-mécanique.

Je ne parle pas d'une formule qui paraît abandonnée par ses auteurs :

$$\frac{T_u}{T_m} = \frac{e}{E}\ H\ h$$

T_u travail utile, T_m travail moteur, e, E, forces électro-motrices de réception et d'émission; H, h étant des facteurs, plus petits que l'unité, qui devaient exprimer les mérites des deux machines comme Transformateurs d'Énergie.

J'ai prouvé que, même avec les plus mauvaises machines, ces deux facteurs sont toujours égaux à l'unité. Le malentendu venait de ce que le calcul des forces électro-motrices avait été mal fait; le rapport $\frac{e}{E}$ est nécessairement dans tous les cas le rendement électro-mécanique brut.

Ce rapport $\frac{e}{E}$ qui représente bien le rendement, n'est pas propre à nous éclairer parce qu'il ne tient compte qu'implicitement des appareils et de la Ligne. L'Organisation de notre analyse, dans la Question du Transport, comprend la décomposition du rendement du Transport en ses trois facteurs composants, les rendements individuels des trois Transformateurs successifs; puis, la recherche dans chacun des Transformateurs, de la fonction la plus simple, qui puisse représenter le fonctionnement du Transformateur, c'est le rôle de la fonction $\frac{E}{R\ I}$ qui détermine le rendement

individuel et que, pour cette raison, j'ai appelé la *déterminante* des rendements.

La Question, très complexe d'abord, est donc ramenée à la simple discussion de la déterminante $m = \frac{E}{RI}$.

Ce procédé d'analyse, très simple, est tellement efficace que, il y a fort longtemps, il m'avait permis d'arriver, *a priori*, à signaler divers progrès dont étaient susceptibles les dynamos, progrès qui ont été réalisés depuis par l'Industrie.

Tels sont les perfectionnements appliqués sur les machines Edison, en vue de diminuer la résistance du fil mort, puis d'augmenter le champ magnétique par diminution de la distance, que j'appelle l'*entrefer*, c'est-à-dire l'écartement des deux pôles s'il y a seulement du cuivre dans l'induit, ou la distance qui existe entre les pôles et l'anneau en fer s'il y a un noyau en fer dans l'induit. Mon intention n'est pas de diminuer le mérite des Constructeurs qui, vraisemblablement, n'avaient pas lu mes déductions; mon but est seulement de prouver combien le procédé d'analyse est efficace, puisque, dès l'origine, il a permis, à quelqu'un qui n'est pas Constructeur, de prévoir les améliorations que la pratique ultérieure devait sanctionner.

Je vais passer rapidement en revue un point capital de l'étude des dynamos d'après leur déterminante: en développant, la valeur $m = \frac{E}{RI}$ prend la forme :

$$m = \frac{1}{ui\left(1+\frac{l_0}{l}\right)} ve$$

u résistance spécifique du métal de l'induit, i densité du courant dans l'induit, $\frac{l_0}{l}$ rapport du fil mort au fil actif, v vitesse, e force électromotrice produite par unité de longueur dans le champ donné. Si on pose $e = a$ H, a constante, H intensité moyenne du champ magnétique il vient:

$$m = \frac{1}{ui\left(1+\frac{l_0}{l}\right)} va\,\mathrm{H}$$

On sait que le champ magnétique H qui entre dans cette formule est une fonction très complexe de tous les éléments qui le déterminent $\mathrm{H} = f(\mathrm{M}, i', \mathrm{N}, s', \mathrm{P}, d, \mathrm{F}, \mathrm{F}'), \mathrm{M}$, masse magnétique, i' densité de circulation dans les N spires de section s' de l'enroulement excitateur, P surface polaire, d distance des parties de fer en regard comprenant le cuivre induit, F, F' coefficients représentant les formes de l'inducteur et du circuit excitateur.

Déjà, j'avais été amené depuis longtemps à considérer l'importance de l'entre-fer et de la surface des pôles; l'examen attentif des dynamos et de leurs résultats m'a conduit à admettre que dans certaines limites la formule pouvait être simplifiée et que l'on pouvait poser :

$$H = \varphi\,(M,\ F,\ F')\ s'\ i'\ N\ \frac{1}{P}\ \frac{1}{d}.$$

Ces limites sont celles où l'état magnétique est encore assez éloigné de la saturation magnétique.

Cette formule est excessivement importante, comme vous allez le voir.

J'ai été consulter, à ce sujet, M. Lippmann, nommé depuis Membre de l'Institut, à la grande satisfaction de tous ceux qui connaissent l'originalité et la profondeur des conceptions de ce jeune Savant. M. Lippmann m'informa que M. Leduc, professeur de Physique au Collège Louis-le-Grand, poursuivait des séries d'expériences sur deux méthodes de détermination des champs magnétiques; mais M. Lippmann ne pensait pas que les résultats de M. Leduc dussent confirmer la loi telle que je l'avais établie.

Je me suis informé des résultats obtenus par M. Leduc et j'ai eu la satisfaction de constater que ses expériences étaient la confirmation de ce que je regardais comme l'expression de la vérité.

Si, dans un champ magnétique, sans rien changer, on introduit une cale de fer, de la moitié de l'entre-fer, on double l'intensité magnétique du champ pourvu que l'intensité première ne dépasse pas 4000 unités; l'accroissement diminue naturellement à mesure que l'intensité du champ est plus considérable. Cependant, pour un champ de 12000, dont on diminue l'entre-fer de moitié, le champ passe encore à 15000.

Or, vous verrez, dans mon Tableau des intensités des champs magnétiques des diverses dynamos, que les plus grandes valeurs, celles des machines d'Edison, ne dépassent guère 5000 unités.

M. Leduc était surtout préoccupé d'établir de bonnes méthodes de mesure d'intensité des champs magnétiques; dans l'une il a employé le galvanomètre Lippmann réduit à un tube plat très mince, dans lequel circule un filet de mercure, traversé par un courant perpendiculaire, et il mesure la pression au manomètre, sous l'action d'un courant connu.

Il résulte des expériences de M. Leduc que si la distance d'entre-fer ne dépasse pas le rayon du cylindre polaire, la diminution d'intensité depuis la surface polaire vers le milieu de l'entre-fer est négligeable ainsi que la diminution depuis l'axe vers l'extérieur.

En étudiant le phénomène de Hall sur du bismuth, le moins magnétique des métaux, M. Leduc a eu la bonne fortune de constater que ce métal subit une modification importante dans sa résistance spécifique; il

a basé sur cette découverte sa seconde méthode de mesure de l'intensité.

Ces variations de résistance sont tellement considérables que, le champ variant de 0 à 10000 unités, la résistance électrique augmente de 15 ou de 26 0/0 suivant que le bismuth est pris dans une plaque ou déposé électrolytiquement.

Ce que nous venons de dire de la modification de la valeur du champ magnétique en fonction de la surface des pôles et de leur distance nous conduit à faire une remarque sur la marche suivie par les Constructeurs de dynamos.

Vous voyez là trois dispositions : La première, à gauche, est la disposition adoptée par les constructeurs des premières machines, elle consiste à épanouir les pôles de l'électro. Ensuite, on a tendu à établir la machine conformément à la seconde disposition, dans laquelle l'épanouissement est supprimé, et où la surface polaire est égale à celle du noyau. Enfin, une tendance future pourra être celle qui est représentée, figure 3, dans laquelle la surface polaire se trouve réduite, est plus petite que la section du noyau.

Ce moyen est ancien et efficace ; dans tous les laboratoires de Physique se trouvent des électro-aimants armés de pièces ayant une forme d'enclume ; on peut citer l'exemple d'une paire d'aimants feuilletés de Jamin, de dimensions moyennes, dont on a pu ainsi obtenir un champ de 18000.

J'ai indiqué une expérience dispendieuse qui serait intéressante, elle consisterait à dépenser assez de fer pour passer de l'intensité magnétique terrestre dont nous disposons, et qui est moins d'une demi-unité, 0,45 dans le sens de l'aiguille d'inclinaison, et à la condenser par une sorte d'entonnoir magnétique, jusqu'à lui faire produire un champ de très grande intensité. Cela rappellerait jusqu'à un certain point les condensations de Chaleur du système Mouchot.

Si nous passons à la réalité en marche, nous voyons que la valeur de la force électro-motrice $E = HV\,la$, que nous avons admise dans l'expression de la déterminante, doit être un peu modifiée, en ce sens que a peut cesser d'être une constante et alors la force électromotrice est égale au produit du champ magnétique par la vitesse, par la longueur utile et par le terme a augmenté ou diminué d'une certaine quantité qui modifie ce terme.

Cette quantité est une fonction de toutes les quantités dont nous avons parlé ; cette complication est la traduction algébrique de la réaction physique que j'ai eu l'honneur de découvrir et de signaler, qui a été longtemps contestée, réaction due à l'influence du champ électrique induit en mouvement, c'est-à-dire à l'influence du déplacement constant du courant qui circule dans chaque fil de l'induit, sur le champ magnétique, déplacements qui n'empêchent pas que dans le

même espace il y ait toujours la même quantité de courants induits élémentaires de même sens.

Dans le Mémoire, vous trouverez une foule de preuves de la réalité de cet effet.

J'ai eu l'honneur également de signaler cet autre fait, aussi contesté, et maintenant admis, que la résistance intérieure de l'appareil induit éprouve en marche une modification physique qui se traduit par un accroissement d'effet résistant effectif au passage du courant. Je proposais, dès l'origine, de représenter cet accroissement de difficulté au passage du courant par un accroissement portant sur la résistance électrique du fil induit. Quelques personnes, parmi lesquelles M. Joubert, ont pensé qu'il était préférable de le représenter par une force contre-électro-motrice; mais, l'expérience a montré que, dans l'application, des Physiciens des plus autorisés avaient pu commettre des erreurs dans la manière de faire intervenir cette forme de correction; tandis que, en employant un accroissement de résistance, il devenait impossible de se tromper.

D'ailleurs, la théorie classique de la self-induction est insuffisante à rendre compte du phénomène; on voit en effet que si on considère une machine d'une carcasse donnée, fonctionnant avec une grosseur de fil quelconque, la perte devrait être la même, quelle que soit la section du fil induit : or, l'expérience a montré que la perte de puissance de la machine avec du fil fin pouvait aller jusqu'à 1/3; tandis que, au contraire, avec une machine à gros fil, elle peut n'être que de 2 0/0. Il y a donc autre chose que la self-induction parmi les réactions complexes qui doivent intervenir.

J'ai signalé une action électro-statique; il doit se créer des sortes de condensateurs dans l'induit, et on voit très bien que les charges de ces condensateurs sont plus importantes quand les fils sont minces, la différence de potentiel est plus grande, et la surface des condensateurs est plus considérable aussi.

Enfin, il n'est pas possible de ne pas admettre les effets établis par les expériences récentes d'un savant anglais distingué, M. Hughes, l'inventeur du télégraphe rapide employé en France presque exclusivement avant le télégraphe de M. Bodot.

M. Hughes a prouvé qu'avec les courants hors de la période permanente, la résistance spécifique du métal n'est plus celle qui correspond aux cas où un courant fixe est établi. M. Hughes invoque un effet de self-induction.

Lord Raleigh, qui a repris les travaux de M. Hughes, n'en conteste que la théorie et conclut que la véritable explication consiste à admettre un accroissement de la résistance spécifique de métal.

Cette modification de la résistance spécifique est fonction, dans une certaine limite, du diamètre du fil, mais est toujours proportionnelle à sa longueur.

Cela tend à faire comprendre pourquoi les machines à fils fins, et par conséquent longs, sont dans des conditions désavantageuses.

MM. Ayrton et Perry, en Angleterre, ont admis notre manière de compter par surcroît de résistance.

Enfin, certains Constructeurs commencent à prendre l'habitude d'employer pour leurs calculs personnels une valeur de résistance intérieure en marche qui tient compte de tous les accroissements, y compris celui dû à la température.

La réaction du champ électrique sur le champ magnétique a été mise en doute par M. Deprez, ainsi que le déficit des machines à collecteur.

L'expérience de Munich est venue apporter son contingent de preuves, M. Deprez croyait avoir transporté un demi-cheval, avec un rendement de 68 0/0. Le Générateur et le Récepteur étaient deux machines Gramme, identiques, ayant, croyait-on, les mêmes valeurs de champ magnétique, puisque le même courant traversait des électros identiques : il paraissait très rationnel pour avoir le rendement, de diviser la vitesse du Récepteur par la vitesse du Générateur et le quotient de $\frac{1400}{2100}$ donnait 68 0/0 de rendement.

Nous avons prouvé, à l'époque, que le rendement n'était pas plus de 14 0/0. L'explication de ce désaccord est que les deux champs magnétiques étaient inégaux : en marche le champ du Générateur était augmenté, le champ du Récepteur diminué, et pour être dans le vrai il fallait multiplier le rapport des vitesses par le rapport des intensités des champs magnétiques réels. Dans le Mémoire, vous trouverez l'énumération des preuves de cette réaction.

En voici une bien nette qui résulte d'un fait cité dans le *Traité théorique et pratique des machines dynamo-électriques*, de M. Sylvanus Thompson, professeur anglais.

Je n'ai pas à formuler mon opinion sur la valeur théorique et pratique de cet ouvrage important comme quantité de texte, le lecteur français peut d'autant mieux juger que l'ouvrage me paraît avoir été tout à fait bien traduit par notre collègue, M Ernest Boistel.

Voici cette preuve : M. Sylvanus Thompson indique un moyen de calculer la force électro-motrice d'une machine, dont on connaît le courant et la vitesse, étant donné qu'on ait une autre valeur de la force électro-motrice au même courant et à une autre vitesse. Pour une dynamo Siemens au courant de 20 ampères, à la vitesse de 950 tours, la force électro-motrice conclue de la petite règle de trois qu'il indique devrait être de 119 volts à 1450 tours, tandis que la valeur

réelle est de 127 volts, ce que l'auteur constate sans l'expliquer et en s'étonnant. L'explication est que le champ magnétique était plus puissant à 1450 tours qu'à 950, sous le même courant de 20 ampères.

Je citerai encore ici, à cause de sa simplicité, la preuve qui consiste à disposer une petite masse de fer mobile, à portée de l'électro d'une dynamo ; ce petit levier pesant étant d'une sensibilité convenable et portant un index mobile sur une graduation, on constate que si on fait passer un courant dans les électros, l'index marque une certaine inclinaison.

On met en marche la machine en faisant passer un courant distinct dans l'induit, l'inclinaison augmente si la dynamo tourne dans le sens énérateur et diminue dans le sens récepteur.

Les deux réactions sur l'effet résistant électrique et sur le champ magnétique ayant été mises en doute par M. Deprez, je n'ai pas trouvé de meilleur argument que de prendre les résultats de ses propres expériences, consignés dans ce Tableau, à gauche du grand tableau noir ; vous le trouverez dans le Mémoire.

Ces chiffres sont relatifs à une machine Gramme, type A (renforcée), tournant à 1110 tours par minute.

Ce Tableau est tout à fait intéressant, en ce sens qu'il permet de trancher la question d'une manière définitive, attendu que, dans cette série expérimentale, l'électro-aimant était placé sur des couteaux, suivant la méthode de Smith, et l'on mesurait, à chaque courant, l'effort mécanique, d'origine électro-magnétique, qu'il fallait exercer sur l'électro-aimant pour le maintenir dans une position donnée, pendant la marche réelle ; puis, pesant également l'effort qu'exerçait un courant identique dans l'inducteur et dans l'induit, l'anneau immobilisé, on s'apercevait qu'il y avait une différence entre les deux pesées.

Vous trouverez le détail et la discussion dans le Mémoire.

Voici deux moyens que j'ai indiqués pour analyser le déficit, de façon à montrer réellement si le déficit est dû, en totalité, comme le pensait M. le docteur Frœlich, à des courants parasites circulant dans la masse de fer de l'induit, ou bien, comme je le pense, dans la plupart des cas, s'il est dû en majeure partie aux effets dont nous avons parlé ; la méthode fixe d'ailleurs la valeur numérique de chacun de ces effets quand ils coexistent.

De même, pour l'analyse intime du champ magnétique, vous trouverez le détail d'une méthode permettant de fixer les valeurs numériques de chacune des composantes magnétiques dont la résultante constitue le champ magnétique effectif : l'effet créé par la circulation du courant dans l'inducteur est la première composante ; l'effet dépendant du courant dans l'induit, même immobilisé, est la seconde composante, et enfin l'effet dont nous avons parlé en marche donne la troisième composante.

Leplay, après avoir beaucoup étudié les peuples heureux ou misérables, en décadence ou en progrès, en arrive à affirmer que la clef de

tous les effets subsidiaires est l'état moral des peuples, leur degré dans le vice ou dans la vertu.

La méthode analogue que j'ai appliquée à l'étude des dynamos m'a conduit à des conclusions analogues, le point capital réside dans l'état du développement de puissance de champ magnétique; l'intensité magnétique est l'âme de la dynamo, là réside la force ou la faiblesse de sa constitution.

Toutes les réactions fâcheuses représentent ce qu'est, pour un individu, le cortège des maux qui l'attendent à chaque pas, lorsque, par hérédité ou par diathèse acquise, sa constitution est trop pauvre; la lutte contre chaque symptôme est impossible et sans efficacité, il faut refaire cette constitution.

J'ai donc été conduit d'abord à représenter tous les actes des dynamos en fonction de l'intensité de leur champ, par exemple leur puissance totale, leur puissance extérieure et leur rendement.

Afin que les Ingénieurs qui ne sont pas familiarisés avec les divers systèmes d'unités électriques n'aient pas de difficultés dans l'application, vous trouverez dans le Mémoire des Tableaux numériques évitant toute indécision.

Ces considérations et ces formules nouvelles sont d'une simplicité et d'une commodité extrêmes; grâce à elles, nous arriverons de suite à déterminer quelle serait la valeur du champ magnétique d'une machine, qu'il serait possible de faire travailler sur un circuit extérieur égal à la résistance du circuit intérieur. Admettant une vitesse de 20 mètres par seconde, un coefficient de rapport du fil mort au fil utile de 1,5 et une densité limite de 4 ampères par millimètre carré, on voit que 170 unités est la valeur de champ qui correspond à une machine qui pourrait fonctionner sur une résistance extérieure égale à sa résistance intérieure, c'est-à-dire que toute machine ayant un champ magnétique plus fort serait brûlée dans ces conditions de circuit extérieur.

On arrive, au contraire, à cette conclusion immédiate, grâce à cette formule, que, s'il s'agit d'une machine dont l'intensité soit de 5000 unités, le plus bas fonctionnement de cette machine, la plus basse résistance extérieure correspond à une résistance de cinquante-sept fois la résistance intérieure.

Si on se rend compte des rendements, on s'aperçoit que, plus une machine est mauvaise, c'est-à-dire plus en travail maximum elle fonctionne à une résistance extérieure faible, plus il y a intérêt à diminuer la densité du courant pour avoir un meilleur rendement.

Mais, quand une machine est bonne, par exemple, s'il s'agit d'une machine de 5000 unités, on s'aperçoit qu'il n'y a aucun intérêt à agir au-dessous de cette puissance maximum, à tel point que la bonification de rendement serait toujours inférieure à 1 0/0, sur un rendement déjà

excellent. On diminuerait donc, dans une proportion considérable, l'utilisation des matériaux, sans rien gagner sur le rendement.

Si nous jetons un coup d'œil rapide sur les expériences de Transport faites jusqu'à présent par M. Marcel Deprez, nous voyons que, à Munich, on a transporté un demi-cheval à une distance de 57 kilomètres, avec un rendement qu'on croyait de 68 0/0 et qui n'était que de 14 0/0, avec un fil induit de $1^m/_m$ de diamètre. A la Gare du Nord, à Grenoble, qui n'est que la répétition de la gare du Nord, où la distance était sept fois plus petite, le rendement a été de 40 0/0; la longueur de fil fin était de 1/20 de ce qu'il était par paire de balais dans la première machine; la quantité d'Énergie disponible au départ était accrue.

Il est temps de donner la Loi générale du Transport d'Énergie vérifiée par toutes les expériences connues :

La Distance, quoi qu'on fasse, a toujours une influence défavorable sur le rendement et sur l'utilisation spécifique des matériaux.

Au contraire, la Grandeur d'Énergie, dont on dispose au départ, a toujours une influence favorable : à même distance une plus grande Énergie disponible au départ bonifie le rendement et l'utilisation spécifique des matériaux.

Nous voici bien loin, non comme époque, mais comme marche des idées, du temps où l'on affirmait que le rendement est indépendant de la distance, que la Grandeur d'Énergie à Transporter est une des difficultés d'un Transport au même titre que la distance et le rendement, où l'on écrivait que le fil fin est le secret du Transport économique à grande distance, puisqu'il est établi que le fil des machines doit être le moins fin possible et que l'Industrie du Transport de l'Énergie n'est rationnelle que parce qu'il est possible de compenser la perte de rendement et d'utilisation des matériaux due à la grande distance par le gain dû à la grande Énergie disponible.

Les conditions générales de la Gare du Nord et de Grenoble étaient donc bien plus avantageuses que celles de Munich.

Les mêmes conclusions s'appliquent aux conditions générales du Transport de Creil puisque : l'on dispose de 250 chevaux, puisque la distance, de 50 kilomètres, est comblée par un fil de cuivre siliceux, de 5 millimètres de diamètre, de haute conductibilité, en sorte que la résistance totale de la Ligne, 100 ohms, est moins grande que la résistance des 8 kilomètres de la Gare du Nord, 160 ohms.

Voyons d'abord le résultat brutal de cette expérience.

Si, d'après les Comptes Rendus de l'Académie des Sciences (25 octobre 1885), on calcule les déterminantes et les rendements individuels du Générateur, du Récepteur et de la Ligne, on trouve pour les déterminantes 5, 6, 7 et des fractions ; et, pour les rendements, environ 81 0/0 pour la Génératrice, 86 0/0 pour la Ligne, et 87 0/0 pour la Réceptrice; ce qui donne un rendement électro-mécanique brut de

61 0/0 ramené à 52 0/0 en tenant compte des deux rendements mécaniques purs de départ et d'arrivée.

La dépense spécifique des matériaux est de 506 kilogrammes pour la Génératrice, 437 kilogrammes pour la Réceptrice.

Les machines Édison courantes ont une dépense spécifique de 80 kilogrammes par cheval, et un rendement qui atteint facilement 94 à 97 0/0.

Rendons-nous compte, d'abord, rapidement d'une nouvelle théorie à sensation, de M. Deprez, émise plus récemment que celle du *rendement indépendant de la Distance*. M. Deprez, en France, a cru avoir trouvé, et M. Sylvanus Thompson, en Angleterre, que, si on prend une dynamo quelconque et si on multiplie par n ses trois dimensions linéaires, dans les trois sens de l'espace, on a une dynamo dont la puissance de transformation est multipliée par n^5.

J'ai prouvé que cela est théoriquement et pratiquement faux.

M. Deprez s'appuyait sur les effets d'attraction des solénoïdes.

Quand on multiplie tout par n, grosseur de fil et distance, en conservant la densité de courant, l'effort est proportionnel à la quatrième puissance de la quantité que nous avons appelée n.

D'un fait vrai, il a été tiré des conclusions tout à fait à côté de ce qu'il était permis de faire, et c'est ce qui explique l'erreur du point d'arrivée.

Les auteurs précités admettent que la machine n fois plus grande tournera à la même vitesse angulaire ; au point de vue mécanique c'est inadmissible, car, s'il n'y a pas d'excentricité dans une couronne cylindrique tournant autour de son axe, l'effort total centrifuge est donné par l'intégrale

$$\int_{r'}^{r'+E} \frac{v^2\, dm}{r}$$

et si on multiplie par n toutes les dimensions, la quantité totale est multipliée par n^3 ; par conséquent l'effort est donc déjà le même par unité de surface à même vitesse *linéaire* ; et la formule de notre Président, M. Love, sur la résistance des matériaux $E = \frac{6\,N\,r}{T} + 0{,}007$ achève la démonstration, elle prouve que les nouvelles épaisseurs sont à peine suffisantes à même pression par unité de surface.

Nous voici donc déjà ramenés à la proportion n^4. Vous verrez dans le Mémoire qu'admettre cette proportion n^4 revient à admettre que l'intensité du champ a été multipliée par n, ce qui est faux comme vous le verrez, dans le Mémoire, prouvé à tous les points de vue.

On peut d'ailleurs faire un raisonnement très simple. Si on prend leur machine avec leur masse-magnétique n^3 fois plus grande et si on admet que les champs magnétiques se sont trouvés n fois plus grands;

si alors on augmente l'entre-fer dans la proportion n, mais qu'on laisse à la surface la même valeur que dans la petite machine, on s'aperçoit que, toutes choses égales d'ailleurs, on a leur champ magnétique multiplié par n^2; comme leur champ magnétique est déjà n fois plus grand, et que la masse induite est n fois celle de la petite machine on s'aperçoit qu'on a une puissance multipliée par n^4; seulement, on est donc dans des conditions très supérieures à celles des auteurs.

Si maintenant on ne s'arrête pas à cette combinaison, si on reprend cette machine et si on ramène la distance d'entre-fer à ce qu'elle était dans la première machine, l'effet produit dépendra de la valeur qu'avait l'intensité du champ avant ce rapprochement; il est clair que si toutes les lignes de force qui traversent les surfaces polaires sont supposées utilisées et que ce fer soit à saturation, le rapprochement ne pourra pas augmenter l'intensité du champ, mais nous pourrons diminuer la dépense d'excitation, et nous aurons une meilleure utilisation spécifique.

Par la même raison, il y a lieu d'accentuer de plus en plus cette diminution de l'entre-fer jusqu'à la limite imposée par les conditions mécaniques.

Pour un intant on aura abandonné la puissance totale de la machine, mais on aura réalisé les meilleures conditions économiques : on n'aura plus qu'à augmenter les dimensions en surface, sans augmenter l'entre-fer, pour reprendre la puissance totale dont on aurait besoin.

Nous voyons donc qu'en admettant pour un instant que les auteurs aient atteint le but qu'ils poursuivaient, ils n'ont pas rendu n fois meilleur le champ magnétique parce qu'ils ont augmenté leurs dimensions, ils l'ont rendu n fois meilleur quoique ayant augmenté les dimensions.

M. Deprez est tombé exactement dans la même faute de jugement que pour le rendement indépendant de la distance ; c'est toujours une face ou l'autre du sophisme qu'en logique on désigne par son énoncé abrégé : *cum ergo propter;* c'est-à-dire : voilà un fait qui se manifeste en même temps que cet autre fait, donc il est causé par cet autre fait.

Pour le rendement indépendant de la Distance, M. Deprez maintient hypothétiquement le rendement constant, pendant qu'il allonge le Canal, et il se croit en droit de relier ces deux faits : non variation de rendement et accroissement de la distance.

Pour les champs magnétiques, il croit augmenter l'intensité du champ en même temps qu'il augmente les dimensions, et il conclut à une corrélation entre ces deux faits.

J'ai été amené à la certitude de ce principe de Mécanique générale, qui ne souffre pas d'exception, que j'ai exprimé sous forme de théorème :

Considérons une réunion de formes géométriques quelconques, soit un rassemblement de morceaux de sphères, de cônes, de pyramides ou

volumes quelconques, ensemble de formes que j'appellerai une *entité* de proportions, parce que je peux lui donner les dimensions que je veux, sans changer les proportions.

Si je concrétise cet ensemble en plaçant dans les espaces homologues une ou plusieurs mêmes matières, ayant en vue une certaine utilisation spécifique des matériaux, cette utilisation sera maximum pour une certaine valeur absolue des dimensions de l'entité, pourvu que les forces élémentaires qui interviennent dans l'utilisation visée dépendent, à un degré quelconque, du rapport des dimensions absolues fixes qui intéressent la constitution intime de la Matière, et des dimensions absolues variables qui intéressent l'entité.

Il y a déjà longtemps, faisant part à M. Fontaine de mon opinion que les dimensions absolues des dynamos intervenaient comme un facteur important dans les qualités de ces appareils, notre collègue m'a donné les renseignements suivants, qui sont d'un grand intérêt et traduisent tout à fait le théorème :

M. Gramme a d'abord fait la machine A, ou type d'atelier, machine d'une puissance de 2 chevaux 1/2, fort bien réussie.

Si on tient compte du cuivre total dépensé dans cette dynamo, on constate qu'une puissance de 100 watts correspond à un kilogramme de ce cuivre.

M. Gramme a construit différents types, en augmentant proportionnellement les dimensions, depuis la grandeur correspondant à la puissance de 2 chevaux 1/2 jusqu'à la grandeur correspondant à 16 chevaux : il est arrivé que le pouvoir de transformation du kilogramme de cuivre a passé successivement par des valeurs de 80 à 70 watts ; par conséquent, l'augmentation de puissance n'était pas même proportionnelle à l'augmentation du poids des appareils.

Il a également construit la série descendante jusqu'à des machines d'une puissance très faible, quelques kilogrammètres ; il s'est trouvé que, de même que dans la progression ascendante, le pouvoir du kilogramme total de cuivre allait en diminuant, depuis le type de 2 chevaux 1/2 jusqu'au type le plus faible.

Un observateur ayant le goût de la généralisation, et qui se serait borné à cette dernière série de zéro à 2 chevaux 1/2, aurait conclu que, à mesure qu'on augmente les dimensions, on augmente le pouvoir de transformation de l'unité de métal.

En fait, le Constructeur était donc tombé sur la grandeur absolue qui correspondait au maximum d'utilisation des matériaux pour cette entité déterminée.

L'expérience a montré à M. Gramme que cette même forme de machines n'était plus bonne pour dix chevaux, et qu'il obtenait un meilleur résultat avec une machine à 4 pôles. C'est la machine qui a donné d'excellents effets aux mines de la Péronnière. M. Gramme, voulant

alors établir des réductions de ce type, a constaté que dès qu'on voulait diminuer suffisamment la puissance, il valait mieux en revenir au type normal.

Je ne veux pas dire que je considère comme impossible de faire de puissantes dynamos, meilleures que les modestes échantillons qui existent aujourd'hui : je crois que cela se peut, et je dirai comment je pense le réaliser; mais je vous ai prouvé que ce progrès ne sera pas obtenu en essayant de suivre des théories de similitude tout à fait erronées.

Nous allons voir maintenant pourquoi les machines de Creil sont mauvaises et mettre le doigt sur la plaie.

Une partie de cette étude a consisté à étudier les machines telles qu'elles existent, c'est-à-dire à se rendre compte de la puissance de leur champ calculée d'après les formules de ce Tableau; vous verrez d'abord que la machine Génératrice qui a servi pour l'expérience de Creil avait un champ magnétique d'une puissance de **1912** unités, c'est-à-dire inférieure au champ de la machine Gramme d'atelier, **2144** unités.

Le champ de la première machine Gramme à deux anneaux, construite sur les plans de M. Deprez, pour les expériences de la Gare du Nord au Bourget, avait un champ de **1630** unités, meilleur que ne l'avait calculé le Rapport académique qui l'avait estimé à **1033** et qui regardait cette valeur comme un perfectionnement sur les champs des machines existant à cette époque dans l'Industrie, alors que la plus vieille des machines industrielles, la machine Gramme d'atelier, a réalisé d'emblée un champ de **2144** unités.

Les calculs du Mémoire montrent que les machines Edison ont un champ qui varie entre **4680** et plus de **5300** unités.

La machine Réceptrice Gramme des expériences de Creil a comme limite supérieure **2832** unités.

Malgré la réserve extrême des données numériques publiées, j'ai pu calculer cette limite supérieure et probablement très supérieure.

Les champs des machines Gramme, construites par M. Deprez, sont donc *a fortiori* très faibles par rapport aux champs des machines Edison; ceci explique pourquoi les machines de M. Deprez ont un tempérament très débile, et pourquoi elles peuvent fonctionner sans échauffement appréciable.

En effet, la faiblesse de leur constitution leur défend de fonctionner à pleine densité de courant. Certes, l'échauffement d'un anneau doit être évité, mais il n'y a que les bonnes machines qui peuvent fonctionner en s'échauffant à forte densité de courant, parce que, dans les mauvaises machines, tout fonctionnement devient impossible bien avant qu'on ait atteint ces hautes densités de courant; nous entrerons du reste tout à fait dans le cœur de cette question.

Vu l'heure avancée et le temps encore important nécessaire à l'exposition de la seconde partie de la Communication : *Distribution de l'Énergie*, la suite de la Communication est remise à une prochaine séance.

M. LE PRÉSIDENT s'exprime en ces termes : « Vous avez traité un sujet » un peu ardu, mais extrêmement important, c'est une Question d'Avenir. » Nos collègues vous ont entendu avec grand intérêt et je pense qu'ils » seront heureux de vous applaudir pour vous remercier de votre Com- » munication ». *(Applaudissements.)*

MM. Jean Chateau, Cyprien Chateau, Fava, Lafut, de Lavallée-Poussin, Riffard et Schœnstem ont été reçus membres sociétaires.

La séance est levée à onze heures un quart.

ANALYSE

DU

MÉMOIRE DE M. CONSIDÈRE

INGÉNIEUR EN CHEF DES PONTS ET CHAUSSÉES

SUR

L'EMPLOI DU FER ET DE L'ACIER[1]

PAR

M. A. BERTON

Dans le Bulletin de juin 1885, le chroniqueur de la Société des Ingénieurs Civils signale, en quelques mots, comme un travail très considérable et renfermant des renseignements du plus haut intérêt, le mémoire publié par M. Considère, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, dans les annales d'avril 1885, sur l'emploi du fer et de l'acier.

Il m'a semblé qu'une étude d'une telle importance devait, tout au moins, être exposée sommairement devant vous.

Le mémoire de M. Considère se rattache d'ailleurs aux travaux qui ont été communiqués à la Société sur la même question ; il rappelle notamment la communication de M. Barba en juin 1880 et la discussion provoquée il y a plusieurs mois par la communication de M. Périssé.

Je me bornerai à citer les expériences principales et les conclusions les plus intéressantes.

(1) Le mémoire de M. Considère se trouve, en volume séparé, chez Dunod, 49, quai des Augustins.

Ce mémoire comprendra trois parties :

Première partie. — Propriétés communes au fer et à l'acier et influences physiques et chimiques qui peuvent les modifier.

Deuxième partie. — Étude des chocs.

Troisième partie. — Étude des assemblages, des propriétés spéciales de l'acier et détermination des efforts qu'il convient d'imposer au fer et à l'acier en tenant compte des expériences de Wœhler et Spangenberg.

Nous ne nous occuperons que de la première partie, la seconde n'étant publiée que depuis quelques jours.

Étude de la traction simple

M. Considère commence par rappeler sommairement les notions usuelles relatives à la traction.

Lorsqu'on soumet un barreau cylindrique de fer ou d'acier à un effort de traction dirigé suivant son axe, ce barreau s'allonge d'une certaine quantité.

Si l'on supprime l'effort, l'allongement disparaît, tant que l'effort n'a pas atteint la limite d'élasticité.

Lorsque l'effort dépasse cette limite, une partie seulement de l'allongement (l'allongement élastique) disparaît et le métal conserve un allongement permanent.

Si l'effort augmente de plus en plus à partir de la limite d'élasticité, la partie cylindrique du barreau continue d'abord à s'allonger en diminuant à peu près uniformément de section dans toute sa longueur. Puis il arrive un moment où, en un point du barreau, se dessine un étranglement qui s'accentue jusqu'à ce que la rupture se produise dans la section la plus réduite. C'est ce qu'on appelle la *striction*. (Fig. 1.)

Fig. 1.

La résistance à la rupture R, dont on se sert journellement dans les calculs, est l'effort qui a brisé le barreau, rapporté au millimètre

carré, non de la section la plus réduite, mais bien de la section primitive.

Mais si l'on veut étudier le phénomène de la déformation, M. Considère pense qu'il faut écarter cette définition de la résistance à la rupture qui est une abstraction et rapporter à chaque instant l'effort total que supporte le barreau, non à la section primitive, mais à la section minimum que présente le barreau sous l'influence de chaque effort.

On reconnaît ainsi que la tension réelle du métal dans la section minimum peut atteindre presque le *double* de la résistance usuelle R définie ci-dessus.

L'allongement de rupture mesuré entre repères se compose de deux fractions, l'une proportionnelle à la longueur de la partie cylindrique, l'autre constante dépendant uniquement de la striction.

Si l'on veut étudier le phénomène de la déformation, il faut noter d'une part l'allongement pris par le barreau uniformément dans toute sa longueur jusqu'au moment où la striction commence ou allongement *proportionnel de rupture* et d'autre part *l'allongement de striction*, qui, rapporté à l'unité de longueur, peut atteindre une valeur *quatre* fois plus grande que le précédent.

Les résultats des essais consignés dans les tableaux ci-dessous font bien ressortir ces différences.

Les barreaux essayés sont du type d'éprouvette adopté par la marine (Fig. 2) ; ils ont un diamètre primitif de plus de $^{m}/^{m}$ une section de 201 $^{m}/^{m}$, carrés ; la distance entre les repères est 200 millimètres.

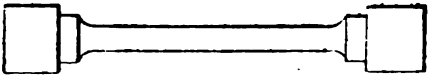


Fig. 2.

NOTATIONS. — *a*. Allongement entre repères rapporté à l'unité de longueur ;

D. Diamètre de la section ;

S. Section *minimum* du barreau avant la striction ;

S'. Section *minimum* pendant la striction ;

T. Tension par millimètre carré de la section minimum ;

A. Allongement pour cent dans la section minimum ;

E. Efforts totaux supportés par le barreau.

Résistance usuelle à la rupture rapportée au millimètre carré de section primitive.

$$\frac{6100^{k}}{201} = 30^{k}3$$

EFFORTS TOTAUX E	ALLONGEMENT entre repères rapporté à 1m de longueur α	DIAMÈTRE de la striction D	SECTION MINIMUM du barreau S ou S'	TENSION par millimètre carré de la section minimum T	ALLONGEMENT pour 100 dans la section minimum A	OBSERVATIONS
Barreau en fer fin très doux						
3 600k	0,110	»	200,77	17k,93	0,110	Limite d'élasticité.
4 000	3,800	»	193,64	20,64	3,800	
6 000	16,600	»	172,38	34,80	16,600	Striction.
6 100	23,250	14,2	158,36	38,51	27,000	
5 900	27,600	13,3	138,92	42,47	44,000	
5 300	33,000	11,2	98,52	53,79	104,000	Rupture.

Résistance usuelle à la rupture rapportée au millimètre carré de section primitive.

$$\frac{8100^{k}}{201} = 40^{k}30$$

EFFORTS TOTAUX E	ALLONGEMENT entre repères rapporté à 1m de longueur α	DIAMÈTRE de la striction D	SECTION MINIMUM du barreau S ou S'	TENSION par millimètre carré de la section minimum T	ALLONGEMENT pour 100 dans la section minimum A	OBSERVATIONS
Barreau en acier très doux						
4 800k	0,105	»	200,78	23k,90	0,105	Limite d'élasticité.
5 200	2,375	»	196,39	26,47	2,375	
8 000	12,750	»	178,14	44,90	12,750	Striction.
8 100	15,625	14,1	156,14	51,87	29,000	
7 900	17,625	13,1	134,78	58,65	50,000	
6 200	26,250	10,5	86,55	71,63	132,000	Rupture.

Pour le fer :

La tension par millimètre dans la section minimum de la striction, R^s, ou résistance réelle à la rupture, s'est élevée à $53^k,79$, quand la résistance usuelle de rupture R n'est que $30^k,3$.

L'allongement moyen mesuré entre repères 33 0/0 est la résultante de l'allongement dans la section minimum ou allongement de striction, qui est de 104 0/0, et de l'allongement proportionnel de rupture pris par le barreau au moment où la striction va commencer et qui a été de 22 0/0.

Pour l'acier :

La résistance de rupture $R^s = 71^k,63$, tandis que la résistance usuelle de rupture n'est que $40^k,30$.

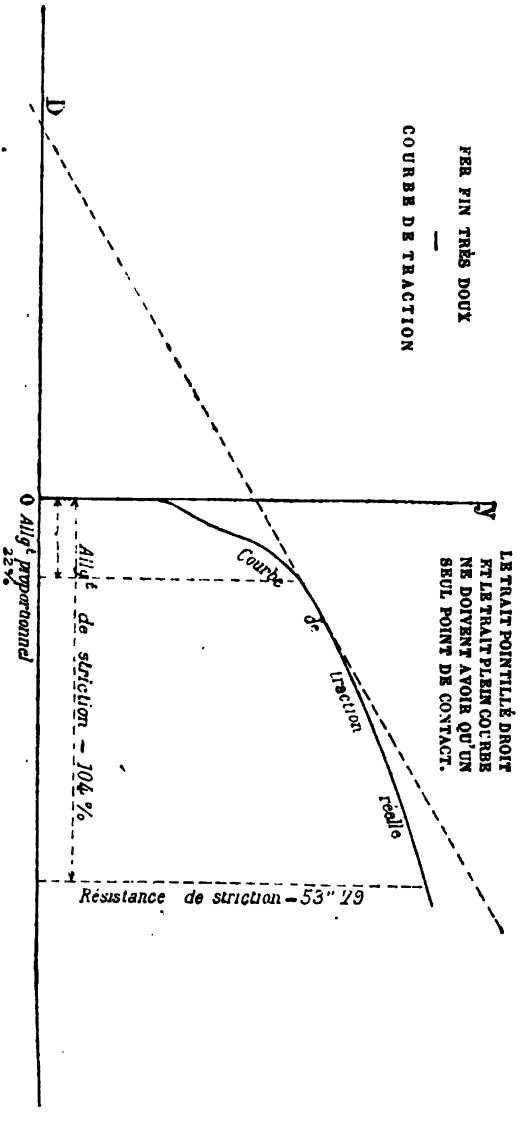
L'allongement moyen mesuré entre repères 26,25 0/0 est la résultante de l'allongement de striction qui atteint 132 0/0 et de l'allongement avant striction qui, d'après le tableau, se trouve compris entre 13 et 29 0/0 et est égal à 15 0/0.

Tant qu'il n'y a pas striction, la section S de la barre varie peu et, au lieu de l'observer directement, on l'a calculée par la formule $S\ (1+a) = 201$, basée sur le fait de la conservation de la densité du métal.

Lorsqu'il y a striction au contraire, il est facile de mesurer la section minimum, mais l'allongement se produit dans la striction sur une trop faible longueur pour qu'il soit possible de le mesurer directement. La même formule a servi à calculer l'allongement de striction.

$$S'(1+A) = 201 \text{ d'où } A = \frac{201}{S'} - 1$$

On peut ainsi tracer la courbe de déformation du métal. Cette courbe, dont il est fait un usage fréquent dans la suite du mémoire, a pour abscisses les allongements A par mètre et pour ordonnées les tensions T par millimètre carré (Fig. 3).



Les tableaux ci-dessus résultent d'essais faits avec une machine dans laquelle un manomètre indique à chaque instant la tension de la barre. Ils mettent en évidence un fait très remarquable : l'effort total supporté par le barreau augmente d'abord en même temps que l'allongement, tant que le barreau reste cylindrique ; cet effort total atteint un maximum au moment où la striction commence à apparaître et diminue ensuite graduellement jusqu'à ce que la rupture se produise sous un effort total bien inférieur au maximum.

Pourquoi la tige cylindrique soumise en tous ses points à un effort identique ne continue-t-elle pas jusqu'à la rupture à s'allonger régulièrement dans toutes ses parties?

Pourquoi, tandis que la plus grande partie du barreau cesse de s'allonger, se forme-t-il en un point singulier un étranglement qui s'accentue de plus en plus?

Voici comment M. Considère interprète ce phénomène :

Tant qu'il n'y a pas striction, l'expérience prouve que l'effort total $E = TS$, que supporte le barreau, augmente avec son allongement. Il s'ensuit que la tension T augmente plus vite que la section S ne diminue. Le barreau est donc en équilibre stable ; car si, par suite d'un manque d'homogénéité, une de ses sections s'allonge plus vite que les autres, elle devient par là même capable d'un effort plus considérable et cesse de s'allonger jusqu'à ce que toutes les autres parties du barreau soient devenues, par suite d'un allongement égal, capables du même effort total.

Au début de la striction l'effort total atteint son maximum et décroît ensuite, tandis que le métal s'allonge davantage ; la tension croît donc alors moins vite que la section ne diminue. Si une section s'allonge plus que les autres, elle ne sera plus capable que d'une résistance inférieure à celle des sections voisines ; l'inégalité s'accentuera ; la section amoindrie se contractera de plus en plus ; l'effort total diminuera et deviendra insuffisant pour déformer le surplus du barreau, qui restera dans l'état correspondant au maximum de résistance totale.

La striction doit donc commencer au moment où l'effort total $E = T\,S$ atteint sa valeur maximum.

$$\text{Or, } S = \frac{201}{1 + A}$$

$$\text{par suite } T\,S = \frac{T \times 201}{1 + A}$$

$$\text{en différenciant, on a } (1 + A)\,dT - T\,dA = 0 \text{ d'où } \frac{dT}{dA} = \frac{T}{1 + A}$$

La striction se produit donc au point de la courbe de déformation, dont la tangente coupe l'axe des x à une distance égale à l'unité, à gauche de l'origine.

Il résulte de ces considérations que la striction n'est pas, comme on l'a admis jusqu'à présent, un phénomène irrégulier, résultant de l'hétérogénéité de la matière, mais bien une conséquence forcée de la loi de déformation à laquelle elle est liée par une relation mathématique.

On peut prévoir *a priori* qu'un métal aura ou n'aura pas de striction, suivant qu'il est ou non possible de tracer la tangente dont il vient d'être question.

Le rapport entre l'allongement de striction A et l'allongement entre repères a varie avec la dureté et la composition chimique de l'acier.

Pour les aciers du Creusot ayant une résistance de $39^k,3$, le rapport $\frac{A}{a}$ est égal à 7,4; tandis que pour les aciers de la même usine qui ont une résistance de 78 kilogrammes, il n'a plus qu'une valeur égale à 2,1. Pour une même résistance de 80 kilogrammes, par exemple, le rapport $\frac{A}{a}$ est voisin de 2 pour les aciers simplement carburés, de 3,5 pour les aciers riches en manganèse et enfin de 14 pour les aciers chromés.

M. Considère établit que c'est de l'allongement de striction que dépend exclusivement la ductilité des métaux au point de vue des ruptures par traction dans les sections dangereuses et des ruptures quelconques par flexion. Il en conclut qu'il est logique de donner une importance prépondérante à l'allongement de striction dans le classement des métaux et de remplacer la notion confuse et sans réalité de l'allongement entre repères par deux autres : celle de l'allongement proportionnel de rupture et celle de l'allongement de striction.

Étude de la flexion

La formule de la flexion $T = \frac{Mn}{I}$ dans laquelle :

T indique la tension ou la pression des fibres extrêmes,

n la distance de ces fibres à l'axe neutre,

I le moment d'inertie de la section.

M, le moment de flexion auquel la section est soumise, n'est applicable théoriquement que jusqu'à la limite d'élasticité.

On constate, entre l'expérience et les résultats donnés par cette formule employée au delà de la limite d'élasticité, des écarts considérables et variables d'une qualité d'acier à l'autre.

Essais de rupture. — Citons, entre autres, une expérience de

flexion faite sur un barreau carré d'acier laminé de $0^m,0165$ de côté.

Composition :	Manganèse	0,720 p.0/0
	Carbone	0,300
	Soufre.	0,020
	Phosphore	0,073
	Silicium	traces

Résultat de l'essai de traction sur un barreau de 9 millimètres 5 de diamètre et 200 millimètres de longueur tourné dans cette barre :

Limite d'élasticité.	$34^k.4$
Résistance à la rupture rapportée à la section primitive.	57 ,8
Résistance à la rupture rapportée à la section contractée.	107 ,5
Allongement pour 100 entre repères.	12 p.100
Allongement pour 100 dans la striction	100 p.100

On a tracé sur les quatre faces du barreau le périmètre de sections transversales espacées de 10 millimètres; puis le barreau a été saisi dans une griffe à l'une de ses extrémités. A l'autre on a suspendu un plateau, que l'on a chargé successivement de poids jusqu'au moment où, par suite de la courbure excessive de la pièce, il est devenu impossible de continuer l'expérience. A ce moment l'allongement des fibres extérieures était 39 0/0 et le moment de flexion était 1,95 fois plus grand que le moment de rupture donné par la formule.

Pour obtenir la rupture on a serré la partie déjà courbée entre les mâchoires d'un étau , puis enfin on a achevé la rupture à coups de marteau. Quelque brutal que fût ce dernier mode d'opérer, la rupture ne s'est produite que lorsque les fibres extérieures eurent pris un allongement de 78 0/0. Les fibres comprimées étaient raccourcies de 35 0/0. La fibre neutre se trouvait donc alors à $\frac{78}{78+35} = \frac{69}{100}$ de la hauteur.

Les traits tracés sur les quatres faces du barreau étaient restés partout rectilignes, sauf dans le voisinage immédiat de la section de rupture où ils avaient pris des flèches de 1/3 ou 1/4 de millimètre à peine.

La section transversale du prisme n'a subi aucune diminution de surface; dans la section de rupture le carré primitif de $16^{m}/^{m}5$ de côté s'est transformé en un trapèze de même hauteur, à côtés légèrement courbés et dont les bases sont 23 et 13 millimètres.

M. Considère déduit des essais de flexion les conclusions suivantes :

« Le moment de rupture par flexion des fers et des aciers n'est nullement proportionnel à leur *résistance à la traction rapportée à section primitive.*

» Si on prend comme terme de comparaison la valeur que donnerait pour ce moment la formule de la flexion $M = \frac{R\,I}{n}$, on reconnaît que le moment réel de rupture lui est sensiblement égal pour les aciers durs et peu ductiles, mais qu'il est le double environ pour les aciers et les fers ductiles. Pour les métaux intermédiaires, le rapport du moment réel de rupture au moment ainsi calculé a des valeurs comprises entre 1 et 2 et croissant en proportion de la ductilité.

» Dans la flexion poussée au delà de la limite d'élasticité, l'axe neutre cesse de passer par le centre de gravité de la section; il s'éloigne d'autant plus des fibres extérieures que la déformation est poussée plus loin.

» Il n'y a dans la flexion rien d'analogue au phénomène de la striction. La section totale reste sensiblement constante et l'aire de la partie de cette section qui travaille par traction augmente jusqu'à la rupture par suite du déplacement de l'axe neutre.

» L'allongement des fibres extrêmes qui se produit dans la flexion est considérablement plus fort que l'allongement de traction mesuré entre repères et *a fortiori* que l'allongement proportionnel de rupture. Il est égal, ou peu s'en faut, à l'allongement qui se produit dans la striction résultant de la traction simple. »

Puisque l'allongement de rupture des fibres extrêmes est l'allongement de striction, il semble évident qu'au moment de la rupture ces fibres supportent une tension égale à la résistance de striction R^{s} et non à la résistance rapportée à la section primitive R.

Le rapport $\frac{R^{s}}{R} = \frac{107,5}{57,8} = 1,87$ pour l'acier dont l'essai de rup-

ture par flexion a été décrit ci-dessus, ce qui explique déjà la grande résistance que les métaux ductiles présentent à la rupture par flexion.

Toutefois, alors même qu'on remplacerait R par R^s dans la formule de flexion, on n'aurait pas encore la valeur exacte du moment de rupture, parce que les efforts ne sont pas proportionnels aux déformations et parce que l'axe neutre ne passe pas par le centre de gravité, comme on a dû le supposer pour établir cette formule.

En prenant pour point de départ le résultat de l'essai de traction et en utilisant la courbe de déformation du métal, M. Considère détermine le moment de flexion par une construction graphique qui met en évidence la part qui revient à chaque cause dans la valeur élevée du moment de flexion ; il retrouve graphiquement la valeur du moment de flexion qui est donnée par l'essai direct, et établit ainsi que la résistance de rupture par flexion est bien la résistance de striction R^s.

En résumé :

Le moment de rupture par flexion ne dépend que de la résistance réelle à la traction, rapportée à la section de rupture R^s ou résistance de striction, et non de la résistance usuelle à la traction R rapportée à la section primitive.

De même, la flèche de rupture n'est pas en rapport avec l'allongement entre repères a qu'on mesure habituellement dans les épreuves de traction, mais avec l'allongement de striction A mesuré dans la section de rupture par traction.

En conséquence le travail de rupture par flexion dépend de R^s et de A et non de R et de a.

Il n'y a aucune proportionnalité entre R^s et R, ni entre A et a ; ainsi R^s dépasse très peu R dans les aciers durs, tandis qu'il atteint la valeur 2 R dans les aciers extra-doux. De même, A peu supérieur à a pour les premiers peut arriver à 6 a, 7 a, et même 8 a pour les derniers.

On ne peut pas augmenter sensiblement la résistance à la rupture par flexion des aciers en forçant la dose de carbone, bien qu'on arrive ainsi à doubler au moins leur résistance à la traction.

On réussit au contraire à augmenter la résistance à la flexion en ajoutant du manganèse ou du chrome.

Ces faits s'expliquent parce que le carbone à haute dose diminue très rapidement la striction et empêche par suite R^s d'augmenter en même temps que R ; il n'en est pas de même du manganèse et surtout du chrome.

VALEUR COMPARATIVE DES MÉTAUX AUX POINTS DE VUE DE LA TRACTION ET DE LA FLEXION. — La valeur d'un métal au point de vue de la flexion n'est nullement proportionnelle à sa valeur au point de vue de la traction.

Pour la *résistance à la rupture*, le rapport des efforts totaux que les aciers peuvent supporter par flexion et par traction peut varier de 2,43 à 1,00, suivant que le métal est plus ou moins ductile.

En ce qui concerne la *déformation*, la différence est encore plus considérable. Les allongements que prennent par traction des barres de section uniforme et de grande longueur sont de 15 à 25 0/0 pour les aciers extra-doux et ne descendent guère au-dessous de 8 à 10 0/0 pour les aciers de construction les plus durs. Le rapport ne varie donc que de 1 à 3 0/0 au plus pour les aciers des nuances les plus différentes.

Dans la flexion, au contraire, la déformation dépend surtout de l'allongement de striction qui peut varier de 6, 8 ou 10 0/0, à 200 0/0 ; l'expérience prouve que les déformations que les aciers extra-doux prennent dans la flexion sont 20, 25, 30 et parfois 40 fois plus fortes que celles qui accompagnent la rupture des aciers durs.

La différence est plus grande encore au point de vue du *travail de rupture*, car dans la traction il ne varie guère que du simple au double, lorsque des aciers durs on passe aux aciers doux, tandis que dans les mêmes conditions il est multiplié par 30, 40 ou 50, s'il s'agit de la flexion.

Enfin dans la traction, le travail de rupture a une valeur d'autant plus forte que la limite d'élasticité est relativement plus élevée, et c'est précisément l'inverse pour la flexion.

On arriverait donc à des résultats inexacts, si d'essais à la rupture par traction, on déduisait la valeur d'un métal pour la flexion et inversement.

Essais d'élasticité. — On peut tirer de l'essai d'élasticité de l'acier dont nous avons décrit l'essai de rupture par flexion, les conclusions suivantes :

« La limite d'élasticité de ce métal est 1,37 fois plus forte que » sa limite d'élasticité de traction », ou en éliminant le mot limite d'élasticité, sur le sens duquel il peut y avoir discussion :

« Le moment de flexion qui produit une déformation notable » méritant d'être prise en considération par les constructeurs est » 1,35 à 1,40 fois plus fort que la valeur correspondante à la » tension qui produit des déformations égales en agissant par trac- » tion simple. »

Des essais d'élasticité faits sur un barreau de fer ont donné des résultats analogues.

Pour ce fer on avait :

Limite d'élasticité de traction. 26k,7

Résistance à la rupture par traction rapportée à la section primitive 40k,9

Allongement pour 100 mesuré entre les repères (distance entre les repères 100 m/m. 6 0/0

Moment de rupture par flexion 1,92 fois plus fort que le moment calculé.

Allongement des fibres extrêmes au moment de la rupture par flexion 25 0/0.

Rapport des limites d'élasticité de flexion et de traction compris entre 1,30 et 1,50.

Influence de la forme de la section sur la résistance a la flexion. — La forme de la barre n'influe pas notablement sur la résistance à la traction.

Il n'en est pas de même pour la résistance à la flexion.

La supériorité de la résistance à la flexion, venant de l'aide que les fibres extrêmes reçoivent des fibres intérieures et les fibres tirées des fibres comprimées, doit être d'autant plus marquée que la proportion des fibres intérieures aux fibres extrêmes est plus élevée et que la liaison est plus complète entre les parties tirées et les parties comprimées.

La section circulaire doit donc donner une résistance à la

flexion plus élevée que les sections carrées ou rectangulaires, tandis que les sections évidées donneront une résistance moins considérable.

Les expériences ont porté sur de la fonte grise douce pour laquelle on avait :

Résistance à la traction. 11k,30
Allongement permanent de rupture. 0,55 0/0
Allongement total de rupture. 0,90 0/0

Et sur de la fonte grise dure pour laquelle on avait :

Résistance à la traction. 22k,40
Allongement permanent de rupture . . . . (n'a pu être mesuré)
Allongement total de rupture. 0,36 0/0

La résistance de rupture à la traction étant représentée par l'unité, la résistance de rupture à la flexion par millimètre carré a été trouvée pour les sections en

Fig. 4.

Dans le cas de la fonte douce	1,40	1,48	1,82	2,21
id. dure.	1,15	1,11	1,57	1,84

L'avantage des sections évidées est donc moindre au point de vue de la rupture qu'on ne devait le croire d'après le résultat des calculs théoriques.

L'expérience a montré que l'influence de la forme sur la résistance à la rupture par flexion suit pour le fer et l'acier des lois analogues à celles reconnues pour la fonte.

M. Considère a également recherché l'influence de la forme de la section sur la limite d'élasticité de flexion et après avoir fait valoir les raisons qui engagent à prendre la *moyenne de la limite d'élasticité et de la résistance à la rupture* comme base des efforts maxima à imposer aux métaux, il conclut en définitive que, les efforts admis pour les pièces travaillant par traction simple étant pris pour unité, les efforts à fixer pour les pièces fléchies ayant les sections ci-dessus, doivent être proportionnels aux chiffres 1,20 1,20 1,50 1,70.

Cette conclusion est absolument contraire aux usages et aux prescriptions édictées pour les travaux de l'État.

peut s'aplatir complètement comme les bagues analogues provenant de trous forés à la mèche.

Ce dernier essai prouve que la diminution de résistance provient d'une altération de la nature du métal et non de fissures produites par l'action du poinçon; car, s'il en existait, le recuit serait impuissant à les faire disparaître.

Essais de M. Considère. — Ces essais ont été faits sur des barrettes découpées en long dans deux tôles d'acier de $10^{m}/^{m}$ d'épaisseur, présentant la composition suivante :

DÉSIGNATION DE L'ACIER	TENEUR EN					Résistance normale
	Manganèse	Carbone	Soufre	Phosphore	Silicium	
Coulée 681. Martin . . .	0,34	0,22	0,05	0,069	0,12	$51^{k}5$
Coulée 137. Bessemer. .	0,38	0,33	0,05	0,073	0,14	60^{k}

Les barrettes ont été percées de trous cylindriques de $17^{m}/^{m}$.

Les essais ont été faits sur des barrettes de la forme ci-contre. (Fig. 5.)

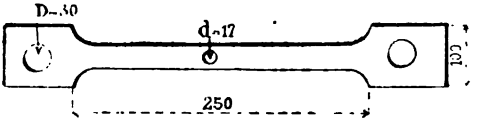


Fig. 5.

DÉSIGNATION DE L'ACIER	RÉSISTANCE normale de l'acier non percé	RÉSISTANCE des barrettes poinçonnées ayant	
		$32^{m}/_{m}$ de largeur	$80^{m}/_{m}$ de largeur
Coulée 581. Martin	$51^{k}50$	$48^{k}1$	$41^{k}2$
Coulée 137. Bessemer. . .	60^{k}	$53^{k}1$	$44^{k}8$

La résistance à la rupture des barrettes poinçonnées, par millimètre carré de section utile, est donc, dans certaines limites au moins, d'autant plus faible que la largeur est plus grande.

Une seconde série d'essais a été faite dans les conditions suivantes : Deux trous de poinçon étaient percés en face l'un de l'autre au milieu de l'éprouvette et les faces étaient ensuite rabotées jusqu'à l'alignement des centres des trous. (Fig. 6.)

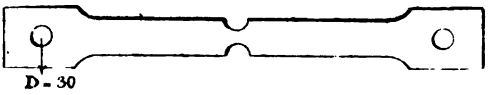


Fig. 6.

DÉSIGNATION DE L'ACIER	Résistance normale de l'acier non percé	RÉSISTANCE PAR MILLIMÈTRE CARRÉ des barrettes lorsque l'écartement des trous est de :					
		5 m/m	6 m/m	8 m/m	14 m/m	30 m/m	50 m/m
Coulée 581. Martin . . .	51k 5	67k 1	65k 4	64k	52k 4	45k 1	42k 9
Coulée 137. Bessemer. .	60k	»	»	73k 7	62k 3	52k 9	48k 2

Si donc on trouve, comme dans les essais précédents, une diminution de résistance pour les barres larges, il y a au contraire augmentation de résistance pour les distances inférieures à 14 millimètres, et cela à un degré d'autant plus grand que les trous sont plus rapprochés.

Le même essai a été fait sur un barreau identique, mais dont les trous écartés de 5 millimètres étaient percés à la mèche. La barrette qui appartenait à la coulée 581 a donné une résistance de 59k,5, supérieure de 8k à la résistance normale de cet acier; il y a donc lieu de diminuer de 8k environ les résistances constatées pour les barrettes de 5 millimètres entre trous, afin de tenir compte de l'influence de la forme. Et il reste démontré que le poinçonnage leur a donné une augmentation de résistance de 15 pour 100 environ.

Pour expliquer cette anomalie, il faut se rappeler le fait constaté par M. Barba que le métal altéré au contact du poinçon ne peut subir aucune déformation sans se briser. D'où il faut conclure qu'au contact du poinçon, le métal reçoit un écrouissage intense qui augmente sa résistance et diminue considérablement son allongement avant rupture.

Et, en effet, lorsqu'on examine la cassure d'une barrette d'acier

doux poinçonné, on remarque que, tandis que les parties A,A' ont l'aspect soyeux du métal naturel, le trou est entouré de deux parties B, B' ayant de 3 à 4 millimètres de largeur, qui présentent la cassure à grain du métal écroui. (Fig. 7.)

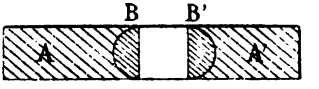


Fig. 7.

Ce métal écroui correspond à une résistance élevée et à un allongement faible.

Lorsque les trous sont assez rapprochés, tout le métal compris entre les trous est écroui et l'on conçoit que la résistance soit supérieure à celle du métal primitif essayé.

Si les trous sont moins rapprochés, il y a coexistence de deux métaux : l'un très écroui au bord du trou, et le métal primitif non altéré dans le reste de l'intervalle.

Lorsqu'on soumet à un effort de traction la barrette formée de ces métaux accolés, le métal écroui se brise dès que l'allongement de la barrette atteint le faible allongement de rupture du métal écroui, et la rupture de celui-ci entraîne celle de toute la section, avant que le reste du métal ait pris une tension élevée. On comprend que, dans ces conditions, la résistance moyenne doit être faible.

Lorsqu'on enlève 1 millimètre de métal au bord du trou, celui qui reste est moins écroui que celui qui est enlevé, est susceptible d'un allongement de rupture plus grand et la barrette se brise sous une charge plus élevée.

Si l'on prend une barrette de tôle d'acier percée au centre d'un trou poinçonné et si on la plie au point où ce trou est percé, on constate qu'elle se brise dès que la flexion atteint de 15° à 25°, tandis qu'une barrette du même acier percée au foret ou recuite après poinçonnage peut supporter sans se rompre une flexion de 90° à 130°. Cet effet tient au manque de ductilité du métal poinçonné.

De même des trous poinçonnés se sont allongés de $1^{m}/^{m}5$ au plus dans la rupture par traction, tandis que les trous forés ou

recuits s'allongent de 4, 5, 6, et parfois de $7^{m}/^{m}5$ avant de se briser.

La perte de résistance due au poinçonnage varie avec la composition du métal; elle augmente avec la résistance elle-même et ses conséquences sont d'autant plus graves que le métal employé est plus dur.

Le tableau suivant indique les résultats obtenus sur des barrettes de $70^{m}/^{m}$ de largeur et de $10^{m}/^{m}$ d'épaisseur, de divers métaux :

DÉSIGNATION DU MÉTAL	TENEUR EN		Résistance normale à la rupture	Résistance après poinçonnage	PERTE DE RÉSISTANCE	
	Carbone	Manganèse			en kilogr.	par 100
Fer supérieur	Non analysé		$37^{k},4$	$30^{k},0$	$7^{k},4$	19 0/0
Fer phosphoreux	Non analysé		41,0	31,4	8,6	21
Bessemer très doux . .	0,18 0/0	0,27 0/0	47,0	37,6	9,4	20
Martin doux	0,22	0,34	52,5	41,2	11,3	22
Bessemer mi-dur	0,33	0,38	60,0	44,8	15,2	25
— dur	0,66	0,50	81,7	53,4	28,3	34

L'infériorité de résistance des sections poinçonnées résultant de la différence de ductilité du métal altéré par le poinçon et du métal non altéré, il est facile de prévoir que de deux métaux de même nature primitive, le moins sensible à l'effet du poinçonnage sera celui qui sera d'avance le plus écroui. Les essais suivants montrent en effet que la diminution de résistance due au poinçonnage est d'autant moindre que le degré d'écrouissage préalable du métal est plus élevé :

DÉSIGNATION DE MÉTAL	VALEUR de $\frac{L}{R}$	RÉSISTANCE normale à la rupture	RÉSISTANCE après poinçonnage	PERTE DE RÉSISTANCE	
				Kilogr.	par 100
Fer					
Fer naturel.	0,61	37k,4	30k,0	7k,4	19 0/0
Le même écroui	0,89	46,9	42,7	4,2	9
Acier					
Acier recuit.	0,54	49.0	36,9	12,1	24
Le même non recuit . .	0,56	52,5	41,2	11,8	22
Le même trempé. . . .	0,77	63,0	55,1	8,1	14
Le même écroui	0,77	54,5	49,2	5,3	10

Le recuit étant l'inverse de l'écrouissage exerce une influence fâcheuse sur la résistance définitive, lorsqu'il a lieu avant le poinçonnage, parce qu'il a pour effet d'exagérer la différence entre le métal écroui par le poinçonnage et celui qui ne l'est pas. Il est au contraire un remède absolu quand il a lieu après le poinçonnage, parce qu'il fait disparaître à la fois l'écrouissage et les tensions intermoléculaires des parties altérées et rend au métal une homogénéité complète.

L'alésage rend aussi aux tôles poinçonnées une résistance sensiblement égale à celle des tôles forées; il paraît résulter des expériences que, s'il suffit d'aléser de $2^{m}/^{m}$ en diamètre les trous poinçonnés dans des tôles de $10^{m}/^{m}$, il faut les agrandir de $3^{m}/^{m}$ environ dans les tôles de $15^{m}/^{m}$ et peut-être de $4^{m}/^{m}$ dans les tôles de 20 millimètres.

La dépense d'alésage de trous poinçonnés, en tenant compte de l'amortissement du matériel et des manœuvres de tôle supplémentaires nécessitées par l'alésage, peut être évaluée à 0,50 ou 0,60 au maximun par 100 kilog.

La pratique de l'alésage est en usage depuis dix ans dans les arsenaux de la marine.

Pour expliquer les différences d'opinion qui se sont manifestées

sur l'utilité de l'alésage, il y a lieu de remarquer que l'infériorité du métal poinçonné ne naît qu'au moment où les deux métaux accolés cessent de travailler également; c'est-à-dire *lorsque la tension atteint la limite d'élasticité du métal naturel.* Jusque-là cette infériorité n'existe pas.

En résumé : Le poinçonnage produit une altération du métal caractérisée surtout par l'augmentation de la limite d'élasticité et par une diminution beaucoup plus forte de l'allongement. Cette espèce d'écrouissage s'étend à 3 ou $4^{m}/^{m}$ autour du trou en diminuant très rapidement d'intensité à partir du premier millimètre.

Outre l'écrouissage, l'action du poinçon produit des tensions intermoléculaires très intenses dans le métal voisin du trou.

Le métal poinçonné se brise pour une flexion ou un allongement beaucoup moindre que le métal foré. Sa rupture entraîne celle de toute la section.

La résistance moyenne d'une section poinçonnée au moment où sa rupture totale est déterminée par celle du métal écroui est très variable, suivant l'écartement des trous. Supérieure de 15 0/0 à la résistance normale du métal pour une tôle d'acier de $10^{m}/^{m}$ lorsque la distance des bords des trous est de quelques millimètres, elle lui devient égale lorsque cette distance est voisine de $15^{m}/^{m}$. Elle continue à diminuer quand la distance augmente et atteint sa valeur minimum lorsque cette distance est égale ou supérieure à 40 ou 50 millimètres; ce qui correspond à un écartement d'axe en axe de 60 à $70^{m}/^{m}$.

La perte de résistance due au poinçonnage est alors de 20 0/0 environ pour le fer et pour les aciers extra-doux, de 25 0/0 pour les aciers doux et de 35 0/0 pour les aciers durs.

Le recuit préalable augmente la perte de résistance due au poinçonnage, tandis que l'écrouissage ou la trempe la diminue.

Le recuit après le poinçonnage ou l'enlèvement au foret d'une zone de 1 à $2^{m}/^{m}$ autour du trou suffit pour rendre au métal sa résistance normale.

L'alésage est le moyen le plus économique et le plus pratique de faire disparaître l'altération résultant du poinçonnage.

Déformabilité des pièces rivées. — Nous avons vu que le poinçonnage des trous ne présente d'inconvénient que lorsque la

tension atteint la limite d'élasticité du métal naturel. Mais les constructions doivent être en état de se déformer sans se briser sous des efforts accidentels dépassant la limite d'élasticité et qui résultent des dilatations, tassements, erreurs d'implantation, etc.

En général, dans les pièces non affaiblies par des trous, les aciers prennent, avant de se rompre, des allongements de 10 à 30 pour 100 et les fers de 4 à 25 pour 100; c'est plus que suffisant dans tous les cas pour éviter les ruptures.

Il en est tout autrement pour les constructions assemblées par boulons ou rivets.

Admettons que la section laissée par les trous de rivets aux barres assemblées soit 80 p. 100 de la section entière.

S'il s'agit de fer poinçonné, la résistance à la rupture du métal entre les trous est réduite de $\frac{20}{100}$ par l'altération due au poinçonnage.

Pour l'acier, la réduction varie de 20 à 35 0/0; prenons 25 0/0.

Le rapport de résistance de la section poinçonnée à la section entière devient donc :

$0{,}80 \times 0{,}80 = 0{,}64$ pour le fer poinçonné,
$0{,}80 \times 0{,}75 = 0.60$ pour l'acier poinçonné de bonne qualité pour constructions.

Si, comme cela arrive généralement, la limite d'élasticité est voisine de $\frac{60}{100}$ de la résistance à la rupture, il arrivera souvent pour le fer, et presque toujours pour l'acier, que les sections poinçonnées se rompront avant que les sections entières dépassent la limite d'élasticité et fournissent par conséquent un allongement suffisant pour permettre à la construction une déformation importante.

Soit $R = 60^k$ la résistance de l'acier en question; la construction ne pourra s'allonger, avant de se briser, que de l'allongement élastique correspondant à
$0{,}60\ R = 36^k$ qui est $0{,}000046 \times 36^k = 0{,}0016$ par mètre.

Si le métal est foré ou recuit ou alésé, la résistance de la section percée sera $0{,}80 \times R = 48^k$ et la courbe de déformation

du métal résistant à 60^{k} prouve que la barre prendra 4 p. 100 d'allongement, c'est-à-dire 25 fois plus que la barre poinçonnée.

Ce chiffre en dit plus que tous les développements possibles.

M. Considère traite d'autres questions très intéressantes, notamment l'influence des efforts répétés un petit nombre de fois et des chocs, — l'influence du mode de fabrication, des actions mécaniques et de la composition chimique sur les propriétés physiques des fers et des aciers. Il s'occupe aussi de la résistance à la corrosion et de la rigidité des constructions en fer et en acier.

Nous avons dû laisser de côté toutes ces questions, malgré tout l'intérêt qu'elles présentent, et signaler seulement les considérations les plus nouvelles contenues dans cet important travail, qui deviendra le point de départ d'une réforme dans l'enseignement de la résistance des matériaux.

ASSOCIATION PARISIENNE DES INDUSTRIELS

POUR

PRÉSERVER LES OUVRIERS DES ACCIDENTS DU TRAVAIL

PAR

M. Gabriel THAREAU

L'outillage mécanique a fait dans ce siècle des progrès tellement considérables qu'ils ont dépassé toutes les prévisions ; et on peut dire avec certitude que d'ici à peu de temps le travail manuel aura presque disparu.

Les ouvriers qui autrefois étaient dispersés dans de petits ateliers où ils travaillaient les matières premières au moyen d'outils primitifs, sous la direction d'un patron, ouvrier lui-même la plupart du temps, sont maintenant rassemblés en grand nombre dans de vastes établissements, usines et manufactures, où sont réunies les machines les plus perfectionnées, qu'ils sont simplement chargés de diriger. Les conditions du travail ont donc été complètement bouleversées. Ces machines-outils de toutes sortes ont souvent une grande puissance de production, elles exigent donc, pour les mettre en mouvement, des forces ou des vitesses considérables, qui leur sont transmises par des engrenages, courroies, etc. L'ouvrier qui vit sans cesse au contact de ces machines et de leurs transmissions est donc constamment sujet à des accidents qui mettent son existence en danger. Cette situation allant toujours en s'aggravant, malgré les précautions impo-

sées aux ouvriers par les industriels, a attiré l'attention des gouvernements.

En France, jusqu'en 1874, aucune disposition législative spéciale ne régissait le travail dans les usines ; le droit commun seul intervenait pour répartir les responsabilités entre patrons et ouvriers à la suite d'un accident. A cette époque, le Gouvernement crut qu'il était de son devoir de protéger par des mesures spéciales la vie et la santé des enfants employés dans l'industrie.

La loi de 1874 a réglementé les conditions de leur travail et a soumis les industries qui en emploient à des inspections faites par des agents auxquels elle a donné le pouvoir d'imposer aux industriels tels changements ou telles précautions qu'ils jugeraient utiles à la sécurité des enfants.

On trouva bientôt que ce n'était pas assez, et quelques-uns de nos législateurs, dans leur sollicitude pour les ouvriers, sollicitude certainement inspirée par un louable sentiment d'humanité, sont d'avis que l'ouvrier, étant dans une situation spéciale vis-à-vis du patron, une législation spéciale devait être appliquée. Une loi fut alors proposée, qui, après avoir été étudiée pendant deux ans par des commissions parlementaires, a été votée en première lecture à la Chambre des députés au mois d'octobre 1884.

Cette loi déclare en principe le patron responsable des accidents dont ses ouvriers sont victimes, sauf à lui à faire la preuve que l'accident est dû à l'imprudence de l'ouvrier; c'est le droit commun renversé. De plus elle crée, pour une certaine catégorie d'accidents, considérés comme provenant d'une sorte de fatalité inhérente à la profession, un risque dit professionnel, duquel ce patron ne pourra jamais être dégagé. On a complété depuis ce projet de loi, en imposant, pour ce risque professionnel seulement, l'assurance obligatoire, dont les primes seront payées moitié par le patron et moitié par les ouvriers.

Un peu plus tard, le 3 mars 1885, M. Maurice Rouvier, qui était alors ministre du Commerce, déposa, au nom du Gouvernement, un projet de loi relatif à la salubrité et à la sécurité du travail dans les établissements industriels. Il y est dit que : les établissements industriels, manufactures, fabriques, mines, chantiers et ateliers de tous genres, autres que l'atelier de famille, sont assujettis, sous le contrôle de l'Administration supérieure, à

toutes les précautions nécessaires pour que le travail s'y effectue dans les meilleures conditions possibles de salubrité et de sécurité, etc. Des règlements d'administration publique détermineront les dispositions communes auxquelles doivent se conformer indistinctement les chefs d'établissements de toute nature.

Les inspecteurs institués par la loi du 19 mai 1874 (Travail des enfants) sont chargés de veiller à l'application des règlements rendus en exécution de la présente loi. — A ce projet de loi était joint un projet de règlement d'administration publique déterminant les prescriptions à observer pour assurer la salubrité et la sécurité du travail. Ces prescriptions sont des plus minutieuses et on peut affirmer que, si on exige leur stricte application, les trois quarts des ateliers ou usines de Paris devront être presque totalement transformés. Les événements politiques qui ont eu lieu l'année dernière ont empêché que ces projets ne fussent discutés devant les Chambres ; mais le ministre actuel du Commerce, M. Lockroy, les a repris et déposés à nouveau il y a quelques semaines sur le bureau de la Chambre ; il est donc probable que la discussion en commencera d'ici peu de temps.

Telles sont les dispositions législatives qui sont proposées à l'approbation des Chambres.

A l'étranger, on s'est aussi préoccupé de cette question.

En Allemagne, le chancelier de l'Empire a fait voter par le Reichstag le principe de ce qu'on a appelé le socialisme d'Etat. La loi allemande rend le patron responsable non seulement des accidents arrivés dans le travail, mais même des maladies dont il est la cause. C'est là certes une mesure dont la gravité ne doit pas vous échapper ; comment prouver avec certitude que la maladie est causée ou non par le travail ? Aussi, pour parer aux risques considérables qu'une pareille loi fait courir aux industriels, se complète-t-elle par l'obligation de l'assurance. Cette assurance n'est pas faite par l'Etat, comme le demandait d'abord M. de Bismarck, mais sous son contrôle, par les industriels eux-mêmes réunis par régions et par industries similaires.

En Autriche, en 1883, le gouvernement a créé un corps d'inspecteurs chargés de veiller à l'exécution de la loi, en ce qui concerne :

1° La protection de la vie et de la santé des ouvriers, travailleurs libres, ou bien ouvriers d'usines ;

2° La durée journalière et les interruptions périodiques du travail ;

3° L'exécution des règlements, les salaires et l'emploi des travailleurs ;

4° L'éducation industrielle des apprentis.

C'est l'immixtion complète du gouvernement dans le travail.

En Angleterre, en Suisse, les anciennes lois ont été remaniées dans le but de protéger plus efficacement l'ouvrier.

Telles sont, Messieurs, l'ensemble des mesures législatives proposées en France, et prises déjà à l'Étranger, pour résoudre cette question des accidents du travail.

Nous ne pensons pas que ces mesures émanant des gouvernements produisent les effets que leurs auteurs en attendent.

En 1884, M. G. Salomon a déjà soutenu devant vous l'efficacité de l'initiative privée et la liberté des mesures préventives en ce qui concerne les accidents. Nous croyons que c'est dans cette voie qu'on trouvera la véritable solution, qui assurera à l'ouvrier le maximun de sécurité, sans être une entrave pour le travail; nous croyons que, dans un pays de liberté comme le nôtre, le gouvernement serait mal venu à vouloir imposer telles ou telles mesures à un industriel, qui doit rester maître de son travail, quitte à lui demander un compte sévère de sa conduite si son imprévoyance a causé un accident; et qu'on ne peut renverser les lois du droit commun en faveur d'une classe de citoyens.

Chacun dans son atelier doit évidemment chercher à prendre toutes les mesures de sécurité, et quand même l'humanité ne conseillerait pas au patron de ménager autant que possible la vie et la santé de ses ouvriers, son intérêt bien entendu l'y porterait. Mais si, au point de vue général, on doit attendre de l'initiative privée les meilleurs résultats, il est bien certain qu'il faut, pour ainsi dire, la stimuler, l'organiser, en rassembler et en concentrer les éléments épars afin de la rendre plus efficace ; l'attention des industriels doit toujours être éveillée sur les dangers que courent leurs ouvriers et ils doivent se tenir au courant des perfectionnements et moyens imaginés pour les conjurer.

De là est venue l'idée de la fondation de ces associations d'in-

dustriels pour rechercher entre eux et appliquer dans leurs ateliers et usines toutes les mesures préventives des accidents.

C'est encore à l'Alsace que nous devons cette innovation si généreuse.

Dès 1850, la Société industrielle de Mulhouse, qui compte dans son sein tant de grands industriels connus par la hauteur de leurs vues et la largeur de leurs idées, s'était préoccupée de cette question des accidents d'ateliers ; presque tous les ans, elle revenait à l'étude, lorsque, en 1867, M. Engel Dollfus lui proposa de créer entre les patrons une association ayant pour but de prévenir les accidents de machines. Je ne saurais mieux faire, pour justifier le but de cette œuvre, que de vous citer les termes du rapport que M. Engel Dollfus avait présenté à la Société industrielle au nom de son Comité d'utilité publique :

« C'est surtout dans les élans du cœur que votre Comité vous appelle à puiser votre ligne de conduite, car en admettant les lois les plus parfaites, les responsabilités les mieux définies, les assurances contre les accidents les plus modiques, les statuts les plus libéralement conçus, il n'en resterait pas moins sur la brèche du progrès industriel un certain nombre de victimes payant de leur membres et même de leur vie un instant d'oubli, ou bien encore une légère infraction aux règles de l'atelier.

» Si notre propre vigilance n'était jamais en défaut, on pourrait admettre peut-être, sans exclure la compassion, moins de sollicitude ou un patronage moins inquiet, mais au milieu de ses nombreux travaux, chacun de nous peut-il affirmer qu'il ne lui reste rien à faire pour prévenir les accidents, et qu'il est au courant des moyens les plus nouveaux, les plus propres à lui faire atteindre ce résultat?

» Je laisse à la conscience de chacun le soin de répondre à cette question, en me bornant à vous faire remarquer que, nous aussi, nous nous habituons au danger qui nous entoure, et qu'il est indispensable qu'une surveillance spéciale et constamment en éveil nous rappelle de temps en temps la nécessité d'en préserver ceux qui y sont le plus exposés.

» Rien de plus dangereux que cette espèce de fatalisme, qui nous ferait envisager le chiffre des accidents de fabrique comme une

prime à peu près immuable à payer au destin ou comme une conséquence inévitable du travail manufacturier. »

Les industriels Alsaciens répondirent à l'appel de M. Engel Dollfus, l'Association fut fondée et le succès couronna complètement l'idée généreuse de son fondateur. Depuis 18 ans, elle a rendu les plus grands services à l'industrie Alsacienne par les travaux remarquables qui ont été effectués, soit par ses ingénieurs, soit par les industriels dont elle avait stimulé le zèle. Des brochures publiées annuellement rendent compte des questions qui ont été abordées, des solutions proposées et les porte à la connaissance de tous. Des règlements, soigneusement étudiés pour prévoir les causes les plus générales d'accidents, sont distribués à tous les adhérents et assurent l'uniformité des précautions. La liste des accidents et des causes qui les ont produits, publiée chaque année, démontre, mieux que tout ce qui pourrait être dit, l'utilité de l'Association ; il ressort de cette statistique, ainsi que M. Engel Dollfus le constatait dans le dernier rapport qu'il a présenté à l'Assemblée générale des adhérents avant sa mort, que, si toutes les précautions indiquées avaient été régulièrement suivies, 64 0/0 des accidents auraient pu être évités. Il ne reste donc que 36 0/0 d'accidents dus à des cas de force majeure et qui se sont produits dans des conditions qu'aucune prudence humaine ne pouvait prévoir. C'est sur ce chiffre énorme de 64 0/0 qu'il faut agir pour arriver à le diminuer d'une façon notable et même pour le faire disparaître. C'est le but que s'est proposé l'Association Alsacienne et qu'elle poursuit avec succès.

Une idée aussi généreuse ne devait pas rester stérile. Devant les résultats obtenus en Alsace, la Société industrielle de Rouen, sous l'impulsion de notre collègue, M. de Coëne, se décida, en 1880, à créer pour la région une association sur le modèle de celle de Mulhouse. La réussite fut la même et les services qu'elle rend à l'industrie Rouennaise sont de plus en plus appréciés.

Les Sociétés industrielles de Lyon et de Nancy se disposent à entrer dans la même voie et étudient actuellement les bases d'une Association pour prévenir les accidents.

C'est en 1882, que la question de responsabilité des patrons fut agitée à la Chambre des Députés. Divers projets de loi, d'où est

sorti, après nombreuses modifications, celui dont je vous ai parlé au début, furent proposés.

Les industriels s'émurent beaucoup de la situation nouvelle qui allait leur être faite, et cherchèrent à démontrer, avec raison, qu'elle serait un sérieux embarras pour les grandes maisons, et souvent une ruine pour les petits patrons.

Les protestations s'élevèrent de tous côtés, mais elles avaient un caractère qui pouvait paraître n'être pas suffisamment désintéressé et trop platonique. Ce fut alors que l'idée vint à un groupe d'industriels et d'ingénieurs, qui connaissaient les résultats obtenus par les associations de Mulhouse et de Rouen, d'essayer de fonder une association semblable entre les industriels parisiens.

L'idée première émanait de la Société de protection des apprentis; une de ses sections, présidée par M. Engel-Dollfus, chargea M. Chaix de demander le concours de quelques personnes connaissant beaucoup d'industriels, et c'est à ce titre qu'il s'adressa à un de vos anciens présidents, M. Emile Muller, qui mieux que personne était en mesure, par la grande influence dont il jouit dans le monde industriel, de mener à bien une telle œuvre. Comprenant combien l'appui moral de la Société des Ingénieurs Civils serait précieux pour l'Association, à la première réunion des fondateurs, M. Muller fit nommer Président d'honneur le Président de la Société, qui était alors M. Marché.

L'Association fut donc fondée définitivement en décembre 1883, et, après une période d'organisation qui dura jusqu'en mai 1884, elle entra dans la période active.

Je dois vous dire maintenant comment l'Association opère pour atteindre le but qu'elle se propose. Les résultats obtenus à Mulhouse montraient la marche à suivre et l'Association parisienne fut organisée sur les mêmes bases que son aînée en tenant compte de la diversité des industries auxquelles elle allait avoir affaire. A sa tête se trouve un conseil de direction nommé par l'Assemblée générale des sociétaires, qui comprend les représentants les plus autorisés des principales industries de Paris, et les personnes les plus compétentes sur cette question des accidents. Il est chargé de discuter sur les mesures générales à adopter, de donner son avis dans les cas spéciaux et de tracer la voie que doivent suivre les inspecteurs chargés de visiter les ateliers des

industriels adhérents et qui sont nommés par lui après une enquête des plus sérieuses et d'après un programme établi d'avance; ils sont choisis parmi les ingénieurs ou anciens industriels qui possèdent l'expérience pratique du travail des ateliers et les connaissances techniques nécessaires. A la suite de chacune de leurs visites, les inspecteurs envoient à l'industriel un rapport dans lequel ils mentionnent les observations qu'ils ont faites soit sur les précautions qui doivent être prises, soit en constatant qu'elles sont bien observées. Il est facile de comprendre l'importance que peuvent avoir ces rapports pour l'industriel en cas d'accidents, surtout si la nouvelle loi était définitivement adoptée.

Les inspecteurs s'attachent surtout à donner des conseils pratiques et n'entraînant pas des frais trop considérables pour l'industriel; étant donné un atelier, on cherche à en tirer le meilleur parti possible au point de vue de la sécurité et de l'hygiène par des mesures simples et économiques. Comme l'a très bien dit M. Muller, les inspecteurs seront les ingénieurs-conseils des sociétaires en fait d'accidents; mais ceux-ci conserveront toujours leur libre arbitre et pourront discuter les mesures proposées.

Les inspecteurs attachés actuellement à l'Association eurent d'abord à se mettre au courant de tout ce qui avait été fait jusqu'à présent en fait de mesures préventives. Ils ont trouvé dans les Bulletins de l'Association de Mulhouse des documents précieux pour l'étude des précautions à prendre dans les ateliers à outillage mécanique. Ces précautions, résumées dans des règlements étudiés avec le plus grand soin, sont en usage dans tous les ateliers de la région de Mulhouse.

Les ingénieurs de l'Association alsacienne ont également passé en revue les machines les plus dangereuses usitées dans les industries de la région, en cherchant par quels moyens on pourrait les rendre plus inoffensives sans que le travail en souffre. C'est ainsi qu'ils ont publié des études des plus intéressantes sur toutes les machines de filatures, sur les monte-charges et tout dernièrement sur les scies circulaires où tous les moyens pour diminuer les dangers de cet outil sont passés en revue. De toutes ces études il est résulté des appareils préventifs qui sont appliqués par les industriels alsaciens et dont ils ont reconnu l'utilité à tel point que leur emploi s'est répandu dans les ateliers des régions voisines. L'ins-

pecteur divisionnaire du travail des enfants de Nancy constatait, en effet, une amélioration très sensible des conditions de sécurité, dans les usines de sa région, par l'emploi des appareils préventifs préconisés par l'Association de Mulhouse.

Les Bulletins de l'Association rouennaise contiennent également des études fort intéressantes qui ont été mises à profit.

L'Association parisienne qui n'existe que depuis deux ans à peine a déjà publié plusieurs de ses travaux.

La première préoccupation a été d'établir, pour les ateliers mus mécaniquement, des règlements indiquant d'une façon claire et complète les précautions à prendre en ce qui concerne les transmissions.

La plupart des précautions indiquées sont déjà en usage dans presque tous les ateliers, mais elles n'étaient pas réglementées et ne résultaient que d'ordres verbaux. Vous comprenez l'importance qu'il y a à ce que ces précautions soient formulées d'une façon précise et affichées dans les ateliers, de sorte que les ouvriers les aient continuellement sous les yeux et ne puissent arguer de l'ignorance des ordres reçus, si un accident se produit par suite de leur inexécution. De plus, en faisant mettre en usage dans tous les ateliers les mêmes précautions, on arrivera plus facilement à les faire observer par les ouvriers qui en changeant d'ateliers trouveront les mêmes règlements à suivre, au lieu d'indications nouvelles et souvent contradictoires.

Un deuxième règlement a trait aux avertissements à donner avant de mettre la machine motrice en mouvement, et pour l'arrêter.

Un troisième indique les précautions à prendre dans les ateliers d'imprimerie en ce qui concerne la conduite des presses.

La série de ces règlements sera continuée, de façon à bien déterminer pour chaque industrie spéciale les précautions indispensables auxquels patrons et ouvriers doivent se conformer.

Dans un grand nombre d'ateliers, on emploie des meules en grès ou en composition. Ces machines présentent un grand danger, ainsi que le prouvent les trop nombreux accidents qu'elles ont occasionnées. A la suite de renseignements pris chez les fabricants, des expériences furent faites, sur la demande de l'Association, au Conservatoire des arts et métiers et un mémoire a été publié in

diquant les précautions à prendre dans le choix et l'emploi des meules.

Les machines à travailler le bois sont en ce moment l'objet d'une étude générale.

L'attention du Conseil de l'Association a été appelée dans ces derniers temps sur les dangers d'incendie qui menacent sans cesse une certaine catégorie d'industries et sur les meilleurs moyens à employer pour les éviter et les combattre.

Cette question est des plus importantes; et l'affreuse catastrophe arrivée à l'usine de location de force motrice de la rue des Trois-Couronnes où cinq personnes ont trouvé la mort, montre quel intérêt on doit y attacher.

Enfin, au point de vue hygiénique, un rapport a été fait sur l'emploi industriel du sulfure de carbone.

L'intention du Conseil de direction est de publier toutes ces études, quand les ressources de l'Association le permettront, dans une brochure annuelle, contenant également les résumés des travaux des autres Associations et une statistique des accidents et des causes qui les ont produits.

En attendant, le *Génie Civil* nous prête le concours de sa grande publicité et a inséré toutes les études dont je vous ai parlé.

Je viens d'exposer devant vous, Messieurs, la pensée qui a présidé à la fondation de l'Association parisienne des industriels pour préserver les ouvriers des accidents du travail, le but qu'elle poursuit, ce qu'elle a déjà fait et ce qu'elle veut faire.

Je suis heureux de pouvoir vous dire que les efforts faits par les fondateurs n'ont pas été stériles ; l'Association compte maintenant plus de 500 membres, et le nombre des ouvriers employés dans les établissements qu'elle fait inspecter dépasse 25,000 ; ces nombres s'accroissent sans cesse et il est permis d'espérer que le vœu des promoteurs, qui est de grouper autour de l'Association la majorité des industriels parisiens, sera réalisé.

Nous connaissons trop les sentiments que la Société des Ingénieurs civils a manifestés fréquemment, en faveur de l'initiative privée dans les questions industrielles, pour douter que ses sympathies ne soient acquises à une œuvre qui a pour but de faire profiter chacun de l'expérience de tous, afin d'arriver à épargner la santé et la vie des ouvriers. C'est là, croyons-nous, du bon socialisme.

CHRONIQUE

Sommaire. — Bateaux à vapeur pour la pêche. — Tirage forcé pour les chaudières à vapeur. — Appareils à vapeur en France. — Eclimètre-pendule. — Percement du tunnel de Carrito.

Bateaux à vapeur pour la pêche. — Le *Bulletin de l'Association des Ingénieurs sortis des écoles spéciales de Gand* contient une communication de M. J. Boulvin, ingénieur de la marine belge, sur l'emploi des bateaux à vapeur pour la pêche au chalut, dont voici le résumé :

La pêche qui nous procure le poisson frais était de temps immémorial effectuée par des chaloupes à voiles de toute dimension; celles qui font des croisières de plusieurs jours sont pontées ; elles appartiennent aux types les plus divers, leurs différences de formes et de gréement n'ayant parfois d'autre origine que des traditions fort anciennes.

Dans certains cas cependant, la nature des côtes et des parages fréquentés a amené rationnellement des types spéciaux de coques et de voilures. Scott Russell cite, à propos de sa théorie des Wave-lines, l'avant renflé en pomme des bateaux de pêche de Scheveningue. qui serait motivé par la houle creuse des plages basses de la Hollande.

Quoi qu'il en soit,sur notre littoral et sur toute l'étendue des côtes normandes, le type de la chaloupe de pêche est le côtre d'assez grandes dimensions auquel on ajoute parfois un mât de tape-cul.

Les voiliers construits en bois ont l'avantage de limiter à un minimum la première mise de fonds ; ils pêchent au moyen du chalut ; on donne ce nom à un grand filet en forme de poche envergué sur une bôme maintenue à une distance de $0^m,60$ à 1 mètre du fond; cette bôme est saisie par deux cordages ou bras qui viennent se rattacher à un câble métallique s'enroulant à bord sur un cabestan et dont la longueur atteint 300 mètres. Le chalut est traîné pendant plusieurs heures, puis il est amené sur le pont où on le vide; le poisson est arrimé dans une cale et conservé au moyen de glace pilée.

Ces voiliers peuvent malheureusement être immobilisés par un calme et sont exposés à perdre leur cargaison, surtout en été.

Les dimensions des chaluts ont été toujours en augmentant ; leur manœuvre de plus en plus difficile pour le personnel restreint des cha-

loupes (un patron et quatre ou cinq pêcheurs) a fini par exiger des engins à vapeur. Nombre de chaloupes à voiles sont munies d'un treuil à vapeur, alimenté par une petite chaudière verticale. On sait combien la conduite des appareils à vapeur est délicate, surtout quand ils sont alimentés à l'eau de mer, et combien il est difficile de les confier à des manœuvres ordinaires. Néanmoins le système s'est propagé.

Les progrès réalisés sur la consommation du combustible autant que l'allégement progressif des moteurs ont permis d'appliquer la propulsion à vapeur à des bâtiments de faible tonnage et l'on a songé à armer des porteurs qui se rendent sur les lieux de pêche, pour y recueillir le poisson des chaloupes et le rentrer au port. Ce plan, mis en pratique sur une grande échelle en Angleterre, ne semble pas avoir aussi bien réussi que celui qui consiste à munir les chaloupes elles-mêmes d'un appareil de propulsion à vapeur. La chaudière principale peut, en outre, dans ce cas alimenter le treuil pour la manœuvre des filets. Il existe aujourd'hui dans les eaux anglaises et dans les ports français et belges un assez grand nombre de chalutiers à vapeur construits sur ces principes.

Il s'est formé à Ostende dans ces derniers temps des compagnies pour la pêche à vapeur; leur matériel comprend jusqu'ici sept ou huit navires en bois, en fer et même en acier, construits à peu près sur les mêmes dimensions; parmi ces bateaux, le plus récent est la *Catharina* appartenant à la *Société anonyme des Pêcheries ostendaises;* il est le premier qui ait été entièrement construit en Belgique, et, chose curieuse, c'est un chantier situé bien loin à l'intérieur des terres, à Ombret près de Huy, au centre du pays wallon, qui a lancé ce petit navire d'environ 200 tonneaux de déplacement, dont le tirant d'eau arrière en charge atteint près de 3 mètres et dont l'armement pour cette raison a dû être complété à Ostende; la coque a dû être acheminée, avec un tirant d'eau arrière de $1^{m},90$, par la Meuse, le canal de la Campine, Anvers, Termonde, Gand et le canal de Bruges vers Ostende; elle aurait pu tout aussi bien être armée à Anvers. La construction est parfaitement réussie et fait honneur à l'initiative et à la capacité des entrepreneurs : MM. Jabon frères, à Ombret, pour la coque, et MM. Beer frères, à Jemeppe près Liège, pour les machines.

La *Catharina* a environ 30 mètres de longueur, 6 mètres de largeur, 3 mètres de creux et un déplacement de 200 à 210 tonneaux; tout son bordé est en acier doux.

La moitié arrière de la coque est occupée par la chaudière, les soutes à charbon, la machine motrice et le tunnel de l'arbre; à l'arrière du compartiment de la machine, l'entrepont est affecté aux logements du patron et du chef mécanicien; ces cabines sont assez spacieuses ; on y accède par une entrée spéciale parce qu'on a voulu laisser intactes les cloisons étanches qui donnent la sécurité contre les abordages; à l'ar-

rière se trouve encore une soute où on peut loger des cordages, des ustensiles de pêche, etc.

La passerelle du commandant est établie au sommet d'une petite cabine en fer abritant le dôme de la chaudière, l'entrée de la chambre des machines et une cuisine pour l'équipage. L'appareil de manœuvre du gouvernail et le compas sont établis sur cette passerelle en avant de la cheminée.

Toute la partie médiane du pont est en fer au-dessus de la chaudière et des soutes à charbon; l'avant est libre pour les opérations de la pêche.

Immédiatement à l'avant des soutes à charbon, qui comprennent une tranche transversale, se trouve la cale au poisson, vaste compartiment de 5 mètres sur 6, dans lequel on pénètre par une grande écoutille et où sont installées des cellules à cloisons en bois où l'on range le poisson par lits alternatifs mélangés de glace pilée. La soute à glace qui peut en contenir environ 10 tonnes est contiguë à la cale au poisson; puis viennent à l'avant d'une cloison étanche le magasin des voiles et cordages, le poste de l'équipage qui comprend sept couchettes et qui se termine à la cloison d'abordage de l'extrême avant.

La cale au poisson, ainsi que la soute à glace, sont isolées par un double vaigrage à rainures et languettes dont l'intervalle est rempli de charbon de bois. La glace embarquée en blocs est concassée à l'aide d'un broyeur au moment où l'on doit s'en servir.

Toutes les constructions dépassant le pont sont en fer et fortement charpentées; il en est ainsi notamment des surbaux de capots d'écoutilles, de la claire-voie de la machine, etc.

Un vireveau à empreintes à deux couronnes avec embrayages indépendants à friction sert à la manœuvre des ancres; celles-ci sont installées sur une teugue qui abrite l'avant contre la mer. Le treuil à vapeur est à deux cylindres, à trois arbres munis de poupées; l'arbre principal porte le grand tambour du câble et peut être enclanché, tout le reste de l'appareil restant libre pour les manœuvres éventuelles. Le câble principal a 300 mètres de longueur; il est en acier et a 80 millimètres de circonférence; en se déroulant du treuil, il vient passer sur un gros rouleau vertical établi au centre du navire et de là se rend à la mer en traversant le bastingage entre des galets convenablement disposés.

Les chaluts sont au nombre de deux; le bateau pêche alternativement des deux bords, pendant que l'on vide le filet qui vient d'être amené; ce système permet de tirer du navire un plus grand effet utile.

Il existe encore d'autres installations accessoires pour la manœuvre des chaluts qui sont très lourds; leur bôme en orme a 15 mètres de longueur et $0^{m},40$ de diamètre au milieu.

La chaudière, timbrée à 5 1/2 atmosphères, a 80 mètres carrés de

surface de chauffe; elle est à deux foyers intérieurs à retour de flamme; elle a $2^m,80$ de diamètre et $2^m,90$ de longueur; la machine est du système Compound avec manivelles à angle droit et réservoir intermédiaire; elle a développé aux essais 214 chevaux indiqués à l'allure de 105 tours. Elle est naturellement à condensation par surface et le tuyautage des pompes de circulation et de la pompe à air est disposé pour épuiser au besoin une forte voie d'eau dans la cale.

En service normal, la vitesse sous vapeur est de 10 nœuds, mais le bâtiment porte une voilure de 300 mètres carrés, répartie sur deux mâts, avec bout dehors de beaupré qui sert concurremment avec la propulsion à vapeur et qui serait d'un grand secours en cas d'avarie à la machine. A cet effet, on a muni l'arbre d'un manchon d'embrayage qui permet d'affoler l'hélice pour réduire la résistance.

Lors du premier voyage, on a pu constater une vitesse de 12 nœuds dans la marche combinée à vapeur et sous voiles, vitesse assez remarquable pour un navire de cette taille.

Ces chalutiers se rendent à la hauteur du 57e degré (latitude du nord du Danemark et de l'Écosse); la *Catharina* atteint son lieu de pêche en 30 heures. La consommation de la machine est au-dessous d'un kilogramme par cheval-heure; elle est en moyenne de 25 tonnes pour une croisière de 10 jours ; les soutes contiennent 35 tonnes.

La pêche à vapeur ne paraît pas constituer en toute saison une opération lucrative; les bénéfices réalisés dépendent beaucoup du prix de vente extrêmement variable du poisson; les frais fixes sont toujours les mêmes et le capital engagé dans le navire est assez considérable ; il varie de 90,000 à 120,000 francs, suivant que la coque est en bois ou en fer et suivant la puissance de la machine et la qualité de sa construction.

L'équipage comprend en général : un patron, quatre matelots pêcheurs et un mousse; le personnel de la machine se compose d'un premier et d'un second mécanicien et deux chauffeurs.

L'absence d'ateliers de construction ou de réparation à Ostende est un obstacle assez sérieux à l'extension de la pêche à vapeur dans ce port; une avarie de machine assez peu importante peut immobiliser pour un grand laps de temps tout le navire; cet inconvénient ne pourra disparaître, que si toutes les sociétés de pêche possédaient ensemble un matériel suffisant pour alimenter un atelier de réparations.

Il a été question aussi de remplacer la glace embarquée par l'un des nombreux systèmes de machines à air froid qui fonctionnent dans bien des paquebots pour conserver les viandes, rafraîchir l'air des hôpitaux dans la zone torride, etc.; mais, dans l'état de choses actuel, ces machines ne sauraient être avantageusement employées ; la glace peut, du reste, s'obtenir à Ostende à raison d'environ 20 francs la tonne ; la quantité nécessaire pour une croisière étant de 10 tonnes au maximum, il n'est pas de machine réfrigérante, si peu importante

qu'elle soit, qui ne donne lieu en dix jours à une dépense plus forte, si on y comprend tous les frais de premier établissement, d'entretien et d'exploitation.

Toutes les Compagnies de pêche n'ont peut-être pas suffisamment compris que leur matériel, pour ne donner lieu qu'à des frais d'entretien restreints, doit être de première qualité ; les machines, tout en étant simples et robustes pour pouvoir être conduites au besoin par des mécaniciens peu capables, doivent être en matériaux excellents et dont l'ajustage ne laisse rien à désirer ; il est à craindre aussi que les coques en bois ne donnent lieu à l'avenir à de fortes dépenses de réparations. Les coques en fer ou en acier au contraire, dont les fonds sont en outre cimentés sur une épaisseur de $0^m,30$ à $0^m,40$ qui sert au lestage, peuvent être considérées comme étant à l'abri de l'usure ; un abordage seul peut les compromettre.

Tirage forcé pour les chaudières à vapeur. — Il a été fait récemment aux États-Unis d'intéressantes expériences sur l'emploi d'une hélice pour activer le tirage dans les chaudières. M. C.-H. Loring, ingénieur en chef de la marine des États-Unis, avait, paraît-il, étudié cette question dès 1869, mais ce n'est que récemment que des essais plus importants ont été faits à l'arsenal de New-York, sous la direction de M. Loring, par M. John C. Kafer, ingénieur adjoint de la marine fédérale.

Ces essais ont été faits sur la chaudière tubulaire de la fonderie de l'arsenal ; cette chaudière avait 2,23 mètres carrés de surface de grille, une surface de chauffe égale à 23,87 de la surface de grille et une section de passage à travers les tubes de 1/7 de la surface de grille. La cheminée avait $21^m,35$ de hauteur.

On constata d'abord, en prenant la moyenne de 15 essais de 16 heures consécutives chacun, qu'avec le tirage naturel, les feux étant poussés au maximum d'intensité et la grille soigneusement maintenue propre, on ne pouvait brûler plus de 75 kilogrammes d'anthracite par mètre carré de surface de grille et par heure.

Il est probable qu'à bord d'un navire, où l'accès de l'air aux cendriers des chaudières et le passage des gaz à la cheminée sont beaucoup moins directs que sur une chaudière installée à terre, où les cheminées ne pourraient avoir, surtout sur des bâtiments de guerre, la hauteur de 21 mètres, on ne pourrait pas brûler plus de 65 kilogrammes d'anthracite par mètre carré de grille et par heure.

Avec le tirage activé au moyen d'une hélice placée à la base de la cheminée, et les mêmes surface de grille et section de passage à travers les tubes, on a constaté pour la moyenne de 10 expériences de 16 heures chacune, une combustion de 87,3 kilogr. d'anthracite par mètre carré de grille et par heure, soit une augmentation de 16,5 pour

cent; la production de vapeur par kilogramme de combustible a été de 0,39 pour cent inférieure à la production obtenue avec le tirage naturel, mais la vaporisation totale de la chaudière s'est trouvée accrue de 16 pour cent.

On a constaté que la section de passage à travers les tubes, égale à 1/7 de la surface de la grille, était insuffisante, car la différence de pression entre l'extérieur et le conduit dans lequel fonctionnait l'hélice atteignait $0^{m},125$ d'eau.

Une seconde série d'essais a été faite alors avec la grille réduite à 1,25 mètres carrés de surface, ce qui avec les mêmes surface de chauffe et section de passage de tubes donnait les rapports respectifs de 42,44 et 1/4.

Avec le tirage naturel on a brûlé dans ces conditions 92,5 kilogrammes d'anthracite par mètre carré de grille et par heure, moyenne de quatre essais de 16 heures.

Avec l'hélice, la moyenne de cinq essais de 16 heures a donné 187 kilogrammes d'anthracite brûlé par mètre carré de grille et par heure; la production de vapeur par kilogramme de combustible a été de 0 kilogr. 35 inférieure à la production de vapeur avec tirage naturel, mais la vaporisation absolue de la chaudière a été de 80 pour cent supérieure.

On voit que, dans ces conditions, la quantité de combustible brûlée par mètre carré de grille a pu être doublée.

Ces essais vont être repris sur des chaudières installées à bord ; ils offrent un grand intérêt.

On emploie déjà, notamment sur les torpilleurs, le tirage forcé avec chambre de chauffe fermée ; on fait valoir que ce procédé a l'avantage de mettre en mouvement un moindre volume de gaz puisqu'il agit sur l'air froid tandis que, dans la cheminée, l'hélice agit sur des gaz dilatés par la chaleur. Mais, d'autre part, il ne faut pas perdre de vue que, dans des chambres de chauffe fermées, les fuites d'air sont énormes, d'autant plus qu'on doit également mettre sous pression les soutes à combustible ; on est donc en réalité obligé de mettre en mouvement un volume d'air de beaucoup supérieur à celui qui est nécessaire pour la combustion. Il est même probable que cette disposition serait très difficilement réalisable en pratique sur des navires plus grands que les torpilleurs. Aussi est-il bien possible que le système de l'hélice dans la cheminée ait une supériorité réelle ; il semble en tout cas moins sujet à être paralysé par un accident indépendant du fonctionnement des appareils mécaniques, tel qu'une ouverture accidentelle empêchant le maintien de la pression.

Nous croyons devoir rappeler que M. B. Normand a fait, dès 1872, quelques applications de la disposition qui fait l'objet de cette note, une hélice placée à la base de la cheminée et actionnée par une petite

machine à vapeur indépendante ; nous avons eu l'occasion de voir une installation de ce genre sur un bateau à vapeur à roues nommé le *Manoel Diabo*, construit à Rouen en 1873, pour l'Amérique du Sud.

Appareils à vapeur en France. — D'après les statistiques officielles publiées par le Ministère des Travaux publics, il existait en France, en 1883, 61,039 appareils à vapeur, comprenant machines fixes et locomobiles, locomotives et machines marines (non compris les machines de la marine de l'État) représentant une force totale de 4,330,776 chevaux et alimentés par 64,588 chaudières.

La décomposition de ces appareils est intéressante à étudier.

Les statistiques établissent trois catégories : usages industriels, chemins de fer et navigation.

Les appareils à vapeur appliqués aux usages industriels sont au nombre de 48,409, représentant 653,531 chevaux ; dans ce nombre figurent 292 locomotives desservant des chantiers de travaux publics ou des voies intérieures d'usines.

En dehors des locomotives, les machines se classent comme suit :

26,406 machines fixes représentant 509,339 chevaux, soit en moyenne 19 chevaux par machine ;

9.996 demi-fixes représentant 71,106 chevaux, soit en moyenne 7,1 chevaux par machine ;

11,705 locomobiles représentant 65,685 chevaux, soit en moyenne 5,6 chevaux par machine.

Ces machines sont alimentées par 54.269 chaudières ; il y a, en plus, 5,583 chaudières destinées au chauffage ou à des usages auxiliaires.

Ces 59,852 chaudières se divisent comme suit :

28,484 chaudières à foyer extérieur avec ou sans bouilleurs ;
9,255 — à foyer intérieur non tubulaires ;
20,265 — à foyer intérieur tubulaires ;
1,848 — d'autres types.

Si nous passons aux chemins de fer, nous trouvons 9,034 machines locomotives dont 8,650 pour les chemins de fer d'intérêt général et d'intérêt local, 269 pour les chemins de fer industriels et 115 pour les tramways à vapeur.

Ces 9,034 locomotives sont indiquées dans les statistiques pour une force totale de 3,242,415 chevaux, ce qui ferait une moyenne de 359 chevaux par locomotive.

Nous ignorons sur quelle base est calculée la puissance des locomotives qui figurent dans ces documents.

Il est à remarquer que sur ces 9,034 locomotives, 1,401, soit 15 1/2 pour cent, proviennent de fabriques étrangères.

Il y aurait à ajouter à ce nombre de locomotives compris dans la

rubrique chemins de fer, les 292 locomotives d'usines ou de travaux publics qui figurent sous le titre : usages industriels.

Les chemins de fer emploient en outre 1,681 machines à vapeur pour ateliers, alimentations d'eau et services divers, lesquelles sont desservies par 1,993 chaudières et représentent une force totale de 13,042 chevaux, soit en moyenne 7 3/4 chevaux chacune.

Enfin la navigation, tant maritime que fluviale, comprend 1,748 bateaux à vapeur dont 1,467 naviguent sur les fleuves, rivières, lacs et étangs et 281 sur mer.

Ces bateaux portent 1,915 machines à vapeur alimentées par 2,235 chaudières principales, plus 508 chaudières auxiliaires; ces machines ont une puissance totale de 421,788 chevaux, ce qui donne une moyenne de 241 chevaux par bateau; nous ignorons également sur quelle base est faite l'appréciation de la puissance.

On remarquera que, sur une puissance totale de 4,330,776 chevaux, les locomotives représentent à elles seules 3,242,415 chevaux, soit les 75 centièmes, et encore on ne compte pas les 292 locomotives qui figurent dans la catégorie des usages industriels.

Nous croyons utile de rapprocher des renseignements qui précèdent les consommations de combustible indiquées pour la même année 1883 par les statistiques officielles.

La consommation totale des appareils à vapeur est comptée à 6,489,756 tonnes; il y a une répartition en houille, coke, charbon de bois, bois et autres combustibles, mais cette répartition doit nécessairement être obtenue au moyen de calculs d'équivalents pour tenir compte des chaudières chauffées par les chaleurs perdues d'appareils métallugiques; aussi voit-on la plus grande partie de la consommation du coke attribuée aux machines soufflantes des hauts fourneaux; il y a là et dans bien d'autres cas analogues une cause d'incertitude qui rend ces documents d'un intérêt très secondaire.

Les chemins de fer ont brûlé pour les locomotives 1,188,245 tonnes de houille; 1,651,637 de briquettes et 67,849 de coke, répartis comme suit au point de vue de l'origine :

	française	étrangère
Houille	698.049 ton.	490.196 ton.
Briquettes.	1.039.801	611.836
Coke	28.322	39.527
Total.	1.766.172	1.141.559

ce qui donne pour le total une proportion de 60 pour cent pour le combustible français et 40 pour cent pour le combustible de provenance étrangère.

Les chemins de fer consomment en outre 266,319 tonnes de combus-

tibles pour les machines à vapeur autres que les locomotives, dont 175,029 tonnes de houille et 59,403 de briquettes.

On voit que, sur la consommation totale de 6,489,756 tonnes de combustibles, les chemins de fer figurent à eux seuls pour 3,223,919, soit très exactement la moitié. Il n'y a pas, dans les statistiques dont nous tirons ces chiffres, d'indications relatives au combustible brûlé pour la navigation tant maritime que fluviale.

Éclimètre-pendule. — M. C. Marcel, capitaine adjudant-major au 121e de ligne, à Saint-Etienne, a imaginé et fait exécuter un appareil très portatif, qu'il désigne sous le nom d'éclimètre-pendule et qui permet de mesurer rapidement une inclinaison quelconque, sans mire, sans aide et avec une précision que ne comporte aucun des instruments de topographie que l'on tient à la main.

Cet appareil permet de lire immédiatement la pente mesurée en centimètres, millimètres et dixièmes de millimètres, ce qui rend très faciles les calculs pour trouver les différences de niveau.

Le principe est celui du niveau Burel, savoir : le rayon visuel perpendiculaire au plan du miroir qui réfléchit l'œil est horizontal quand le plan du miroir se trouve vertical.

L'éclimètre-pendule Marcel comprend deux modèles, l'un avec cylindre se déroulant, l'autre avec curseur pesant.

Le premier modèle se compose de deux miroirs posés dos à dos, suspendus sur des couteaux comme une balance de précision et portant un cylindre dont le déroulement déplace le centre de gravité de la masse et donne à l'appareil une inclinaison qui se lit sur le cylindre à la hauteur d'un index fixe.

L'un des deux miroirs sert à mesurer les angles au-dessus de l'horizon, et l'autre les angles au-dessous.

On peut se servir de l'instrument en le tenant à la main, mais, pour avoir la précision dont il est susceptible, il est préférable de le faire reposer sur un appui formé par exemple de trois fusils, au moyen d'une disposition dont l'appareil est muni.

Le second modèle est toujours tenu à la main, et, bien qu'il ne soit pas beaucoup plus gros qu'une montre, il donne néanmoins la mesure des angles verticaux à un dix-millième près. L'inclinaison des miroirs, au lieu d'être obtenue par la rotation d'un cylindre, comme dans le premier modèle, est produite par le déplacement d'un poids le long d'une règle graduée, déplacement qui s'opère au moyen d'une vis. A la division zéro de la règle les miroirs sont verticaux, à la division 10 ils sont inclinés à 45 degrés.

Ces instruments peuvent être utilement employés pour les nivellements, mais l'auteur en a principalement indiqué les applications militaires, notamment le réglage du tir en campagne.

Percement du tunnel de Carrito. — Un des exemples les plus remarquables de la rapidité à laquelle on arrive actuellement dans le percement des tunnels est celui du tunnel de Carrito, dans les Apennins, sur la ligne de Rome à Solmona.

Ce tunnel a 3541 mètres de longueur ; on a commencé les travaux préliminaires en 1882, ainsi que l'appropriation des forces motrices hydrauliques empruntées au torrent Giovenco, pour l'attaque de la partie ouest, le côté est devant être percé à la main.

La perforation mécanique a commencé le 17 septembre 1882 avec des perforatrices Ferroux ; le travail à la main avait été commencé de l'autre côté, le 13 mars.

Les deux galeries se sont rencontrées le 18 juin 1884 après 638 jours, dont il y a à défalquer 79 pendant lesquels le travail a été arrêté par le froid ou la neige.

On a opéré par le percement d'une galerie à la base; dans le toit de cette galerie on perçait ensuite de distance en distance des puits verticaux allant jusqu'au sommet du tunnel et on poussait dans la partie supérieure de ces puits des attaques en avant et en arrière jusqu'à élargissement complet; cette méthode a permis de multiplier considérablement les points d'attaque; on a employé de la dynamite provenant de la fabrique d'Avigliana.

L'avancement journalier a été de $5^m,40$, ce qui est le résultat le plus favorable obtenu jusqu'ici. En effets les avancements journaliers des grands tunnels déjà exécutés, sont :

Au tunnel du Mont-Cenis	$1^m,75$
— — du Gothard	2, 75
— — de l'Arlberg	4, 15
— — de Laveno.	4, 50
— — de Carrito.	5, 40

Il est à regretter que dans les extraits publiés dans les bulletins de l'*Institution of Civil Engineers*, d'où ce résumé est tiré, la nature des roches traversées ne soit pas indiquée.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

JANVIER 1886

Séance générale du 8 janvier 1886.

Exposé de l'état financier de la Société.

Distribution des récompenses.

Eloge de M. Ch. Combes, par M. J. Bertrand, secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences.

Notices industrielles.

FÉVRIER 1886

Rapport de M. le colonel GOULIER sur la **coupole du grand équatorial de l'Observatoire de Nice**, exécutée par M. EIFFEL.

Cette coupole a été décrite à la séance du 8 mai 1885 de la Société des Ingénieurs civils.

Rapport de M. LAVALARD, sur les **brancards de voitures** de MM. PETIT et CARAMELLO.

Ces brancards ont pour objet de remédier aux inconvénients des fractures résultant de la chute des chevaux. L'un des modèles est en fer creux revêtu en caoutchouc, et est un peu plus léger que le brancard ordinaire en bois; l'autre est un brancard de secours, démontable en trois parties pour pouvoir se loger dans le coffre du siège.

Le rapporteur profite de l'occasion pour signaler que c'est surtout aux chutes de chevaux, qui causent les ruptures de brancards, qu'il faudrait remédier; la solution du problème est surtout dans la ferrure. Les modifications faites dans ce sens à la Compagnie des omnibus ont donné de très bons résultats.

Rapport de M. MAURICE BLOCK sur les **cartes commerciales** de M. BIANCONI.

Ces cartes, où sont figurées les montagnes, les cours d'eau, les voies de communication, les villes et même les villages de quelque importance avec le chiffre de la population noté à côté, portent également l'indication des principales cultures et productions; elles sont accompagnées de notices donnant les renseignements utiles à connaître.

Cette collection est éditée par MM. Chaix et Cie.

Rapport de M. Aimé Girard sur l'**épuration des eaux de lavage des laines en suint,** par MM. Delattre père et fils, à Dorignies-les-Douai.

Les opérations effectuées pour le lavage des laines en suint, lequelles comprennent le désuintage et le dégraissage, donnent lieu à la production d'eaux troubles, mousseuses et alcalines qui sont l'objet de graves embarras.

MM. Delattre père et fils, qui traitent annuellement 6 millions de kilogrammes de laines lesquels donnent lieu à une production journalière de 1,500 à 2,000 mètres cubes d'eaux impures, se sont préoccupés de l'épuration de ces eaux et y sont parvenus d'une manière très heureuse. Ils emploient simultanément deux procédés : l'un par dépôt mécanique, l'autre par réaction successive de l'acide chlorhydrique et de la chaux.

La première action sépare en deux fois les matières lourdes, sables, etc.; dans la seconde, l'acide chlorhydrique, mélangé aux eaux, décompose les savons alcalins résultant de la dissolution du suint par le carbonate de soude, et met en liberté les acides gras sous forme d'écume qu'on sépare du liquide; celui-ci est additionné de lait de chaux qui sépare les produits insolubles en les rendant floconneux et cohérents.

Après l'épuration, les eaux ne renferment plus que 2,35 grammes de matières solubles par litre, ce qui permet de les projeter sans inconvénient dans un cours d'eau.

Les produits séparés des eaux sont utilisés: les sables mélangés de matières grasses, comme engrais pour certaines cultures, telles que celle du fraisier; les matières grasses, pour la fabrication du gaz qui éclaire l'usine de MM. Delattre et pour celle de savons, graisses à voiture, etc.

Note relative à **l'épuration des eaux,** par MM. Delattre père et fils.

Note complémentaire sur **les appareils à élever les liquides corrosifs,** par M. Biver.

Cette note décrit une nouvelle disposition du pulsomètre à air comprimé de M. Kestner. Voir comptes rendus de janvier 1880, page 90.

Éloge de M. de la Gournerie, par M. J. Bertrand, secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences.

Industrie de la bonneterie. Les « jerseys » sur métiers circulaires (traduit du *Wirker Zeitung*).

Agriculture. L'ensilage.

Notices industrielles.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

JANVIER 1886.

Mémoire sur **l'emploi du fer et de l'acier dans les constructions**, par M. CONSIDÈRE, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

La première partie de ce mémoire est insérée dans le cahier d'avril 1885 (voir comptes rendus de juin 1885, page 810); celle-ci est consacrée à l'étude des effets produits sur les ouvrages métalliques par les chocs des roues contre les rails et celle de la résistance des rivets.

La première question, qui a une importance considérable au point de vue de la conservation des ouvrages, a été étudiée par le calcul et les résultats ainsi obtenus ont été soumis au contrôle de l'expérience.

Le principe de ces expériences consiste à mesurer les variations de longueur des pièces soumises aux efforts, lesquelles variations sont, dans les limites du travail habituel, proportionnelles aux efforts; on peut amplifier ces variations à l'aide d'un dispositif enregistreur, comme l'a fait le docteur Frankel; mais, dans l'appareil de ce savant, les effets d'inertie donnent des causes d'inexactitude très sérieuses; il est donc préférable de renoncer à amplifier les mouvements et à remplacer l'avantage que donne cette amplification par l'exactitude des mesures. Ces mesures s'obtiennent par l'écrasement d'une petite pièce de plomb prise entre deux vis fixées à des points convenablement distants de la pièce dont on veut mesurer la compression, par exemple une barre de treillis de pont. On mesure ensuite avec un Palmer donnant les centièmes de millimètre la nouvelle épaisseur du plomb, et la différence avec l'épaisseur primitive donne la compression. Le même procédé a été employé pour mesurer le déplacement des bouts des rails aux joints.

Les essais ont été faits d'abord au pont de Puy-l'Evêque, sur la ligne de Libos à Cahors; ces essais ont mis en évidence, d'une manière très nette, l'influence du serrage des éclisses pour réduire le raccourcissement dynamique des barres de treillis; ce raccourcissement, qui atteignait de 0 à $0^{m}/^{m},1$ et correspondait à un effort de 0 à 2 kilogs par millimètre carré de section des barres avec les éclisses desserrées, est descendue à 0 à $0^{m}/^{m},03$ et l'effort dynamique à 0 à $0^{k},6$ avec le serrage parfait des éclisses. On a reconnu de plus que les efforts dynamiques, produits par les chocs des roues contre les rails, sont à peu près proportionnels à la vitesse.

On peut conclure de ces essais que le passage d'une locomotive, marchant à la vitesse de 50 kilomètres, ayant produit dans les barres de treillis voisines d'un joint des efforts dynamiques s'élevant jusqu'à $3^k,3$ par millimètre carré de section nette, l'effort se serait élevé à $5^k,35$ par millimètre carré de la même section, pour la locomotive marchant à 80 kilomètres.

La voie était posée en rails Vignoles de 38 kilogrammes; la Compagnie d'Orléans ayant, en juin 1885, fait remplacer ces rails sur toute la ligne de Libos à Cahors par des rails à double champignon de 36 kilogs et de 11 mètres de longueur, les expériences ont été reprises pour permettre d'apprécier l'influence du système de voie. Les résultats ont été sensiblement les mêmes et la différence qu'on a pu observer est due non au système de voie, mais au soin avec lequel la nouvelle voie avait été posée avec insertion de plaques de tôle sous les coussinets pour le réglage des joints, de manière à supprimer presque toute dépression appréciable.

Des expériences analogues ont été faites au pont de Figeac pour mesurer la flexion des pièces du pont par l'écrasement d'une lame de plomb insérée entre une pointe fixée à la pièce de pont en son milieu et une poutrelle fixée aux deux extrémités de cette même pièce de pont et libre dans tout le reste de sa longueur. On a constaté des flexions allant de 2,03 à 3,23 millimètres, suivant que les éclisses étaient plus ou moins serrées et pour une vitesse de 64 kilomètres.

Ces résultats obtenus, l'auteur s'est appliqué à résoudre analytiquement le problème, pour voir si la solution ainsi obtenue concorderait avec ces résultats. Nous nous bornerons à indiquer que la concordance s'est trouvée en effet très satisfaisante.

Suivent quelques considérations sur l'éclissage, dont le résumé, sur lequel l'auteur n'est d'ailleurs pas sans faire lui-même quelques réserves, est que :

L'imperfection des joints, malgré l'éclissage, obligeant les essieux montés à parcourir une trajectoire différente de la ligne droite idéale, la masse de ces essieux produit sur les rails et les pièces qui les supportent des effets d'énergie tels que les efforts dynamiques subis par les rails atteignent parfois des valeurs de 11 à 13 tonnes par roue. Le serrage parfait des éclisses atténue considérablement et annule même presque ces efforts.

Les chocs aux joints produisent des accroissements d'efforts analogues sur les essieux et les roues, et augmentent considérablement la fatigue de ces pièces.

L'état de la voie et son mode de pose exerce une influence importante sur les chocs aux joints, ainsi que l'élasticité du tablier; le mode de construction des poutres a aussi une influence sur les efforts subis par les différentes parties. L'emploi des treillis à grandes mailles

et l'addition des montants verticaux diminuent la fatigue du métal des diagonales.

La seconde question traitée dans cette partie du mémoire de M. Considère est celle de la résistance des rivets, dans laquelle il examine successivement la résistance du rivet isolé et l'influence que le groupement des rivets exerce sur cette résistance.

La première conclusion est que la résistance propre des rivets a une importance secondaire ; comme, même avec le rivetage mécanique, le contact entre les rivets et les trous qu'ils doivent remplir n'est jamais réel, dès que les pièces à assembler ont une épaisseur forte ou même simplement moyenne, le travail a lieu principalement par l'adhérence, et c'est celle-ci qu'il y a lieu d'étudier particulièrement. Suit le résumé des diverses expériences faites pour mesurer l'adhérence des rivets, dont les plus récentes sont des expériences exécutées à l'arsenal de Brest, par M. Bertin, ingénieur de la marine, à la demande de l'auteur. Ces dernières expériences ont donné des efforts de 11 à 13 kilogs par millimètre carré de section de rivet pour le premier glissement et de 28 à 30 pour la rupture, le chiffre le plus faible dans les deux cas correspondant aux trous forés ou alésés et le plus fort aux trous poinçonnés, ce qui s'explique d'ailleurs par la nature des surfaces en contact.

M. Considère fait remarquer avec raison que l'adhérence et la résistance des rivets variant considérablement avec l'état des surfaces en contact, la température et la pression d'écrasage et la qualité du métal, on ne peut comparer des expériences entre elles que s'il a été tenu compte de tous ces éléments. Comme ce n'est généralement pas le cas, on s'explique dès lors le désaccord qui existe entre les résultats obtenus de divers côtés.

Nous nous bornerons à reproduire les principales conclusions formulées par l'auteur.

L'adhérence produite par la tension longitudinale des rivets résiste seule aux efforts auxquels les assemblages sont soumis.

Tout effort, supérieur à l'adhérence, exercé alternativement sur un rivet dans les deux sens opposés, disloque rapidement l'assemblage.

Dans les constructions établies suivant les règles ordinaires, la rupture des tôles assemblées aurait lieu sans que les rivets travaillent à plus de 60 centièmes de l'effort qui amènerait leur rupture.

L'adhérence et la résistance sont plus fortes avec les trous poinçonnés qu'avec les trous forés.

La température d'écrasage des rivets exerce une influence considérable sur la résistance des assemblages ; il en est de même de la pression : une pression de 90 à 100 kilogrammes par millimètre carré de section du rivet donne d'excellents résultats, même aux températures les plus basses d'écrasage qu'il soit possible d'admettre en pratique.

Avec les tôles forées on peut compter sur 8 à 10 kilogrammes d'adhérence et 30 kilogrammes de résistance à la rupture par millimètre carré de section. Avec les tôles poinçonnées les chiffres sont un peu plus élevés.

Le rivetage à la machine donne des résultats équivalents à celui du travail à la main avec des tôles peu épaisses et des trous bien percés, mais il a une très grande supériorité à mesure qu'augmentent l'épaisseur des tôles, le diamètre des rivets, l'imperfection du perçage et l'insuffisance de la surveillance.

Les rivets d'acier doivent être écrasés dans des limites de température beaucoup plus rapprochées que les rivets en fer : cette nécessité impose l'emploi de riveuses très puissantes et à action rapide.

Le brochage ne diminue pas la résistance du métal, mais il fait naître des tensions anormales; il faut lui préférer l'alesage à la main.

Enfin l'exactitude du perçage des trous est une des premières qualités de toute bonne construction ; c'est pour cela qu'on doit préférer le forage des trous au poinçonnage, malgré la légère augmentation dans la résistance au glissement qu'on obtient avec les trous poinçonnés.

Note sur la **Construction des ponts suspendus**, par M. DE BOULONGNE, Ingénieur des ponts et chaussées.

Cette note est divisée en quatre chapitres :

1° Anciens ponts suspendus français ;
2° Ponts suspendus en Amérique ;
3° Ponts suspendus de types spéciaux ;
4° Nouveaux ponts suspendus français.

Les ponts suspendus peuvent être définis : des ponts où toutes les pièces principales travaillent à l'extension.

Ce principe a permis de faire des ponts légers et peu coûteux ; aussi les a-t-on employés soit comme solution économique pour les portées moyennes, soit comme solution unique pour les travées de dimensions exceptionnelles.

En Amérique, au contraire, on les a employés principalement pour les grandes portées, en cherchant à faire des ponts, non seulement légers mais encore solides ; on s'est donc appliqué surtout à combattre la flexibilité par l'emploi de garde-corps rigides, de câbles obliques rectilignes et de câbles de sûreté.

En dehors des ponts suspendus de l'ancien type français et du type américain, on a été, dans certains cas, amené à établir des ponts de types spéciaux, parmi lesquels la note examine le pont de Prague où des points d'appui intermédiaires sont fournis par des chaînes obliques,

le pont Albert à Londres et le pont sur le canal du Danube; ce dernier a été remplacé dernièrement par un pont en arc.

Depuis quelques années, on a repris en France la question des ponts suspendus et on en a construit quelques-uns avec des modifications qui ont donné de très bons résultats (voir Comptes rendus de décembre 1885, page 837, pour les ponts de Saint-Ilpize et de Lamothe).

M. Arnodin, constructeur à Châteauneuf-sur-Loire, membre de notre Société, s'est fait une spécialité de ce genre d'ouvrages qui semblent appelés à reprendre faveur dans une certaine mesure.

Note sur l'**agrandissement de la gare de Lille**, par M. Pieron, Ingénieur en chef des ponts et chaussées.

Etude sur la **marche des bateaux dans les courants rapides**, par M. du Boys, Ingénieur des ponts et chaussées.

Le mémoire a pour objet de rendre compte d'observations faites sur le courant du Rhône et sur la marche des bateaux tant à la remonte qu'à la descente.

Les observations sur la vitesse du courant ont été faites au moyen de flotteurs entre les ponts de Valence et de Lavoulte. On a trouvé pour la vitesse moyenne u l'expression :

$$u = AH + B,$$

H étant la cote à l'échelle de Valence et A et B des coefficients égaux respectivement à 0,69 et 1,35.

Il a été constaté dans les observations de l'auteur que les grands flotteurs, bateaux ou radeaux, marchent plus vite que le courant qui les porte, l'excédent de vitesse augmentant avec les dimensions du flotteur, et aussi avec la rapidité du courant et la hauteur des eaux. On peut expliquer ce fait par une action que le flotteur exerce par suite des réactions moléculaires qui se produisent entre les molécules liquides placées sous le flotteur et les molécules environnantes qui ne participent pas à l'excès de vitesse dû à la présence du flotteur; si celui-ci a des dimensions considérables, les actions produites par sa présence qui sont proportionnelles à sa surface, c'est-à-dire au carré de ses dimensions, deviennent supérieures aux réactions du liquide environnant qui ne sont que proportionnelles aux dimensions du flotteur; le contraire se produit avec des flotteurs dont la largeur est négligeable par rapport à la longueur.

L'auteur a fait des expériences directes sur le *Papin*, bateau de 130 mètres de longueur et $6^m 35$ de large, appartenant à la Compagnie générale de navigation ; il paraît en résulter que la force apparente

qui semble solliciter les grands flotteurs dans le sens du courant est proportionnelle à la surface mouillée et non au volume d'eau déplacé. Malheureusement, les moyens d'expérience étaient insuffisants ; notamment, l'absence d'indicateur sur les cylindres ne permettait pas de déterminer bien exactement le travail de la machine, élément indispensable cependant.

SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DE MULHOUSE

JANVIER-FÉVRIER 1886

Procédé pour donner à l'air des salles de filature et de tissage le degré d'humidité nécessaire pour rendre le travail facile sans produire de courants d'air nuisibles à la fabrication et **appareil remplissant ce but.**

L'auteur s'est proposé de maintenir à un degré hygrométrique déterminé les salles de filature et de tissage, en y introduisant par ventilation de l'air plus ou moins saturé d'humidité à l'aide d'appareils déjà employés, tels que ceux de MM. Nezeraux et Garlandat; dans ces appareils, l'air amené par un ventilateur traverse en bulles très fines une couche d'eau ; la division de l'air est opérée par des plaques métalliques percées de très petits trous.

L'eau sert à saturer l'air d'humidité et, également, en hiver, à l'amener à la température convenable. En été, au contraire, cette eau peut être rafraîchie artificiellement.

La partie la plus intéressante de l'appareil est le régulateur automatique du degré de saturation de l'air. Cet appareil est un thermomètre différentiel de grande dimension, placé sur le passage de l'air, avant l'introduction de celui-ci dans le saturateur ; un des réservoirs étant arrosé d'eau, l'appareil forme psychomètre et les écarts de température ainsi obtenus peuvent, avec une construction appropriée, servir à régler l'étendue de la surface d'eau à mettre en contact avec l'air pour que celui-ci sorte à l'état hygrométrique voulu.

Les réservoirs des thermomètres sont en cuivre mince ; ils ont $0^m,164$ de diamètre et contiennent de l'alcool ; la dilatation du liquide s'opère contre une membrane de caoutchouc sur laquelle reposent des pistons; les déplacements de ces pistons sont proportionnels aux changements de température ; l'appareil est établi de manière qu'une différence de

1 degré produise un déplacement de 6,6 millimètres des pistons ; ceux-ci agissent sur une vanne qui règle l'arrivée de l'eau de saturation.

A la suite de ce mémoire présenté à la Société industrielle de Mulhouse pour concourir à une médaille des arts mécaniques, M. C. de Lacroix a présenté un rapport dans lequel il rend justice à la compétence avec laquelle a été traitée la question, mais il ne croit pas que la solution pratique soit suffisamment établie pour que le prix puisse être décerné.

Le refroidissement artificiel de l'air en été conduirait, vu les énormes volumes d'air à rafraîchir, à de sérieuses difficultés pour un établissement industriel de quelque importance. Le mémoire doit toutefois être considéré comme des plus intéressants, car on y trouve réunies et fort bien traitées toutes les questions relatives à la canalisation d'entrée et de sortie d'air, à la construction et l'organisation des bâtiments. et en général à la ventilation des ateliers.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

District de Bourgogne

RÉUNION DU 8 NOVEMBRE 1885, AU CREUSOT

Communication de M. DE BIAUZAT, sur la **pompe à colonne d'eau, système Roux,** installée au puits Saint-Pierre, des mines du Creusot.

Cette pompe a pour but d'utiliser une chute de 85 mètres de hauteur faite par les eaux qui se rendent du niveau de l'exploitation au puits Saint-Laurent où est installée une machine d'épuisement.

Sur une tige sont réunis, au milieu le piston de la machine à colonne d'eau qui reçoit sur les deux faces alternativement la pression motrice, et aux deux extrémités des plongeurs qui refoulent l'eau à élever ; la distribution de l'eau motrice se fait par de petits pistons parallèles au piston moteur.

Voici les données principales de l'appareil :

Hauteur de chute	85^{m}
Hauteur de refoulement	351
Volume par 24 heures	2,000^{me}
Diamètre du piston moteur. . .	0,352
— des plongeurs.	0,136

Le rapport entre le volume d'eau motrice et le volume élevé par la pompe varie entre 7 et 8. Le rendement réel en eau montée est de 60 pour 100, y compris les pertes de charges ; le rendement mécanique de la pompe seule est de 80 pour cent et son rendement en volume de 92.

RÉUNION DE SAINT-ÉTIENNE

SÉANCE DU 2 JANVIER 1886

Communication de M. SIMON sur l'**installation de laveirs Artois aux mines de Graissessac.**

Cette installation est destinée à l'utilisation des boues de lavage dont la teneur est normalement de 42 pour cent de cendres ; chaque appareil traite facilement 25 tonnes par journée de 11 heures.

Production du gaz hydrogène. — M. Jordan, professeur de métallurgie à l'École Centrale, adresse quelques observations au sujet de la communication faite précédemment par M. Clermont, sur le procédé de MM. Hembert et Henry, pour la production du gaz hydrogène.

M. Jordan rappelle les travaux de feu Jacquelain, préparateur à l'École Centrale, pour la fabrication du gaz à l'eau et son épuration par la transformation de l'oxyde de carbone contenu dans ce gaz en acide carbonique sous l'influence de la vapeur d'eau.

MM. Clermont et Batault présentent diverses observations sur la même question, le dernier notamment au sujet du prix de revient de l'hydrogène indiqué par MM. Hembert et Henry dans leur communication à l'Académie des Sciences.

Communication de M. CHANSSELLE sur les **explosions de poussières charbonneuses.**

Il s'est produit récemment dans la houillère de Mardy, dans le sud du Pays de Galles, une explosion qui a fait un très grand nombre de victimes. L'opinion générale de la commission chargée de faire une enquête sur cette explosion est qu'elle a été produite par des poussières charbonneuses et non par le grisou ; on suppose que l'inflammation aura été produite par la chute sur le sol d'une lampe à paraffine.

SÉANCE DU 6 FÉVRIER 1886

Paroles prononcées aux **obsèques de M. Jules Watrin**, sous-directeur de la Société des Houillères et Fonderies de l'Aveyron.

Étude comparée du **chauffage avec la houille et avec le gaz d'éclairage**, communication de M. CLERMONT.

Au point de vue des usages domestiques, le chauffage au gaz comprenant les usages culinaires est plus coûteux que le chauffage à la houille pour une grande maison; mais pour un petit ménage le prix peut être sensiblement le même et il faut tenir compte de la suppression des embarras causés par l'emploi du combustible solide, ce qui assure dans ce cas l'avantage au gaz.

Pour la production de la force motrice, le gaz est plus cher, mais il peut racheter cette infériorité par des avantages considérables, par exemple pour un travail discontinu ou au point de vue de l'installation et de l'emplacement.

Enfin pour les usages industriels on emploie très fréquemment aujourd'hui les gaz obtenus des combustibles solides. On pourrait, avec de petites installations peu coûteuses, produire dans les usines du gaz qui servirait à la fois au chauffage industriel et à l'éclairage.

Communication de M. CHANSSELLE sur l'**emploi du procédé Poetsch** aux mines de Boussu (Belgique).

Le procédé Poetsch par congélation est en ce moment employé au charbonnage de Boussu, pour le passage d'un puits à travers une couche de sables boulants de 12 à 13 mètres de puissance; les tubes sont enfoncés et la congélation est commencée, mais, comme celle-ci n'est pas suffisante à cause de l'échauffement du liquide par suite de la grande profondeur, on est en train de doubler l'installation première.

Communication de M. BARETTA sur **l'explosion de Mardy**. Il s'agit de l'explosion de poussières charbonneuses sur laquelle M. Chansselle avait, dans la précédente séance, donné quelques renseignements. Il semblerait d'après l'enquête officielle et notamment les dépositions de M. Galloway, ancien inspecteur royal des mines, que l'explosion est réellement due à l'inflammation d'une masse de grisou accumulée dans une excavation et à laquelle le feu aurait été communiqué soit par une lampe à feu, soit par une lampe de sûreté dont le maniement aurait été défectueux. Il est néanmoins possible que les poussières, dont l'intervention paraît réelle, aient augmenté ou développé la première inflammation du grisou.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 8. — 20 *Février* 1886

Machines des industries textiles à l'Exposition universelle d'Anvers en 1885, par Ernest Müller *(suite)*.

Mines. — Explosions de grisou.

Frottements des garnitures en cuir embouti, par C. Bach.

Appareil pour le nettoyage des carènes de navires.

Groupe d'Aix-la-Chapelle. — Expériences sur le rôle des poussières de charbon dans les explosions de mines. — Transformateurs électriques. — Transmission de force par l'eau et par l'air comprimé.

Patentes.

Bibliographie. — La science de la résistance des matériaux et ses applications, par P. Uhlich.

Correspondance. — Méthodes pour la distinction des échantillons de fer et d'acier.

N° 9. — 27 *Février* 1886

Nouvelle machine pour les essais de résistance des matériaux, par A. Martens.

Machines à effilocher, par Hermann Fischer.

Groupe de Hanovre. — Ferments, microbes et procédés de désinfection. — Locomotives Compound.

Association des chemins de fer. — Tunnel sous l'Hudson entre New-York et Jersey-City. — Appareils télégraphiques. — Déformation du pont de Moltke, à Berlin.

Patentes.

Correspondance. — Fours à griller la blende.

N° 10. — 6 *Mars* 1886

Machines à effilocher, par Hermann Fischer (*suite*).

Machines de l'industrie textile à l'Exposition universelle d'Anvers en 1885, par Ernest Müller (*suite*).

Machine pour les essais à la traction, par Erdmann Kirchers.

Informations techniques, par W. Theiss.

Recul des hélices propulsives, par A. Seydell.

Groupe d'Aix-la-Chapelle. — Transport électrique de la force. — Résolution du groupe de Carlsruhe relativement aux mesures métriques.

Groupe de Berlin. — Chantiers de construction navale en Ecosse. — Filtre contre les microbes.

Patentes.

Bibliographie. — Guide pour laboratoire dans les usines métallurgiques, de A. Ledebar.

Variétés. — Extension du téléphone. — Production de fonte brute en Prusse en 1884.

Le Rédacteur de la Chronique,

A. Mallet.

PARIS. — IMPRIMERIE CENTRALE DES CHEMINS DE FER. — IMP. CHAIX, RUE BERGÈRE, 20. — 7505-6.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

AVRIL 1886

N° 4

Sommaire des séances du mois d'avril 1886.

1° Mesures à prendre pour assurer la *sécurité des voyageurs en chemin de fer*, par M. Doux (Mémoire du 2 avril, page 324).

2° Amélioration à apporter dans la rade du Havre et dans l'estuaire de la Seine. (Communication par M. de Coene, séance du 2 avril, page 330.) Voir le Mémoire, page 345.

3° Souscription ouverte en faveur de l'Institut Pasteur. (Séance du 2 avril, page 340).

4° *Association parisienne des Industriels pour préserver les ouvriers des accidents de travail.* (Séance du 16 avril, page 340). Voir le Mémoire de M. G. Thareau dans le Bulletin de Mars, page 286).

5° *Emploi du fer et de l'acier.* (Analyse par M. Berton, du mémoire de M. Considère, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, sur l'). (Séance du 16 avril, page 343). Voir le mémoire de M. Berton dans le Bulletin de mars, page 262.

Pendant le mois d'avril la Société a reçu :

De M. Vlasto, membre de la Société, une analyse de l'ouvrage de M. Berthelot, intitulé : *les origines de l'Alchimie.*

De la Municipalité de Tunis, les devis et cahier des charges pour *la levée du plan de la ville de Tunis.*

De M. Bourdil, membre de la Société, deux exemplaires d'une note de M. Ph. Phou, intitulée : *Plus de prolétaires, tous capitalistes.*

Quatre exemplaires du rapport de MM. Bertrand, commissaire, Jordan, rapporteur, sur une question de priorité de M. Mestre au sujet de *l'Intégraphe* de MM. Napoli et Abdank-Abakanowiez.

De M. Poupard, membre de la Société, au nom de la Compagnie du Frein à vide, un album descriptif du *frein à vide automatique* avec divers documents.

De M. J. Pillet, membre de la Société, un exemplaire de son traité de *Perspective linéaire, précédé du tracé des ombres usuelles* (rayon à 45 degrés).

De M. Salles, membre de la Société, un exemplaire de son *Annuaire des Mines et de la Métallurgie.*

De M. Faure Regis, deux exemplaires de son rapport, présenté à la Chambre de commerce de Clermont-Ferrand, sur la revision de la *Convention internationale du 20 mars 1883*, pour la protection de la propriété industrielle.

De M. Sandberg, membre de la Société, deux exemplaires d'une note sur la *durée des rails d'acier.*

De M. Eugène Flachat, membre de la Société, un rapport sur le *Blutage des terres.*

De M. Crampton, membre de la Société, une expédition d'un certificat d'addition d'un brevet d'invention pour les *perfectionnements dans les machines locomotives.*

De M. Partiot, inspecteur général des Ponts et Chaussées, un exemplaire de son *Projet des travaux à faire à l'embouchure de la Seine* (texte et atlas).

Le cahier des charges de l'entreprise et de l'exploitation des conduites d'eaux de la ville de Moscou.

Un exemplaire des notes sur l'*Émission en France de Monnaies décimales de bronze 1852-1865*, par M. M.-E. Dumas.

De M. de Coëne, membre de la Société, un mémoire sur les *Améliorations à apporter dans la rade du Havre et dans l'estuaire de la Seine.*

De M. Loisel, membre de la Société, un exemplaire de son *Annuaire des Chemins de fer Belges, année 1886.*

De M. Baillehache, membre de la Société, un exemplaire d'un mémoire sur son *système de Rail isolé et Contre-Rail juxtaposé permettant de signaler les trains d'une façon absolue aux passages à niveau, bifurcations et gares.*

De M. Abt, membre de la Société, un exemplaire d'une brochure intitulée : *Die Rhone-Bahn Ein Beitrag Zur Losung Frage.*

De M. Poillon, membre de la Société, un exemplaire d'une note *sur le moteur Thermique Gardie.*

De M. Dumas, membre de la Société, une traduction des notes de M. W. Chandler Roberts *sur la fusibilité, la liquidation et la densité de certains alliages d'argent, de cuivre, d'or et de cuivre.*

Les membres nouvellement admis sont :

MM. Marot, présenté par MM. Drouin, Goumet et Letestu.
Roche, — Chevrier, de Grieges et Ribail.

Comme membres Associés :

M. Guillotin, présenté par MM. Dru, Godillot et Hersent.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS D'AVRIL 1886

Séance du 2 Avril 1886

Présidence de M. HERSENT.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 19 mars est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le regret d'annoncer à la Société les décès de MM. Charles Laboulaye, Desnoyers, Colson, Frézard, Gaston Soupey et Siéber.

M. LE PRÉSIDENT, après avoir rappelé l'odieux attentat connu de tous nos collègues, et dont l'un de nos vice-présidents, M. Périssé a été victime, propose à l'Assemblée de témoigner en cette circonstance toute sa sympathie à M. Périssé. (*Applaudissements unanimes.*) Ce témoignage, que nos collègues expriment par leurs applaudissements, sera transmis à M. Périssé.

M. LE PRÉSIDENT a le plaisir d'annoncer les distinctions honorifiques suivantes :

M. Charles-François Armengaud a été nommé chevalier de la Légion d'honneur; M. Darnay a reçu les palmes d'officier d'académie; M. Battaille Straatman a été nommé officier de l'ordre de Saint-Alexandre de Russie; M. Gobert, chevalier de l'ordre de Léopold de Belgique; enfin M. Bernstein, officier de l'ordre de Bolivar.

M. DOUX rappelle que M. Armengaud a bien voulu inviter les membres de la Société à contribuer à la recherche de la solution des questions posées à la Commission chargée d'étudier les mesures à prendre pour assurer la sécurité des voyageurs en chemin de fer. Il

demande donc la permission de présenter quelques observations très courtes sur le fond même du sujet.

Il y a d'abord lieu, dit-il, de se demander si l'on n'a pas exagéré les dangers auxquels sont exposés les voyageurs dans les chemins de fer.

Le public français est éminemment impressionnable et nerveux. Des faits isolés qui, chez d'autres peuples resteraient sans écho, passionnent, en France, au point de passer pour habituels. Il s'en suit que l'on ne voit plus les choses sous leur vrai jour, et que l'on s'adresse, à tout propos, aux pouvoirs publics, pour en obtenir une protection que chacun pourrait et devrait s'assurer lui-même.

Les pouvoirs publics pris entre la double nécessité de donner satisfaction à l'opinion et de respecter des intérêts considérables, ordonnent des enquêtes, prescrivent même des mesures et s'immiscent en somme dans des questions de détail dont il serait peut-être préférable de laisser l'initiative aux Compagnies elles-mêmes.

Le public américain n'a jamais demandé au Gouvernement de le protéger en voyage ; il est vrai que le matériel des chemins de fer de l'Union a précisément, sous le rapport de la sécurité, les qualités dont le nôtre est dépourvu ; mais, si les voyageurs ont à leur disposition des moyens simples et commodes de se mettre en rapport avec les agents du train, il n'en usent que pour demander à ceux-ci les services qu'ils doivent en attendre ; en cas d'attaque, chacun est muni du revolver ou du bowie-knife, et sait s'en servir pour sa défense.

Il n'est pas plus raisonnable de demander au Gouvernement de veiller sur le sommeil des voyageurs en chemin de fer, que de le prendre à partie lorsqu'un passant attardé dans une rue déserte se laisse dévaliser par un malfaiteur. L'État ne peut attacher un gendarme à la personne de chaque citoyen.

Si l'on examine, d'un autre côté, la rareté relative des crimes commis dans les voitures de chemins de fer, en France, et si l'on en compare le nombre à celui des voyageurs transportés, il est certain que le résultat de ce rapprochement ne sera pas aussi alarmant qu'on pourrait le croire, à en juger par l'émotion qu'à provoqué le meurtre récent de M. Barrême.

Néanmoins, et si rares que soient ces événements, il est tout naturel que l'on s'en préoccupe sans exagération, et que l'on recherche froidement les moyens d'y mettre un terme.

Cette préoccupation et cette étude sont d'autant plus légitimes, que, sur ce point, les progrès de l'exploitation des voies ferrées s'unissent au besoin de sécurité pour appeler des réformes.

La Commission aura donc, si elle le veut, cette double satisfaction, d'indiquer en même temps que la solution de la question pour laquelle

elle a été instituée, ce qui reste à faire pour que le matériel des grandes lignes réponde aux besoins de notre siècle.

La réforme nécessaire pour réaliser ce double objectif ne consiste pas seulement en appareils acoustiques ou optiques plus ou moins compliqués, comme on a paru le croire jusqu'ici.

Le matériel est à transformer; cette nécessité est inéluctable et si l'on n'ose l'aborder franchement, si l'on hésite devant les sacrifices qu'elle impose, on ne fera que retarder une échéance fatale.

Le premier point soumis à l'examen de la Commission ne demande donc pas que l'on s'y arrête bien longuement : Les principaux signaux d'appel mis à la disposition des voyageurs sur les chemins de fer français ne répondent pas même au but que l'on s'est proposé.

Tout le monde connaît l'appareil Prudhomme, en usage sur les lignes du Nord et de P.-L.-M. On sait qu'il faut briser une vitre, tirer sur un anneau placé derrière la vitre, et agiter le bras par la portière de droite, dans le sens de la marche du train, manœuvre assez malaisée, il faut en convenir, si l'on est aux prises avec un assassin ou si l'on est frappé d'une attaque d'apoplexie.

Sur le réseau de l'Est, un appareil analogue, consistant en un bouton placé au centre du plafond du compartiment et qu'il faut tirer ou faire tourner, n'est guère plus pratique.

En Belgique, il n'existe aucun signal d'appel, et l'on ne s'en plaint pas.

On a parlé de certains appareils construits d'après le principe du téléphone, et permettant au chef de train d'entendre les conversations des voyageurs, lorsqu'elles dépasseraient le diapason ordinaire, ou de jeux de réflecteurs, grâce auxquels il pourrait observer les faits et gestes de ces mêmes voyageurs.

M. Doux ne croit pas que la solution de la question dont il s'agit, soit dans l'installation de semblables appareils, qui, en supposant qu'elle soit possible, serait odieuse au public lui-même. Comment du reste distinguera-t-on le sens des bruits? Comment les interprétera-t-on? Comment saura-t-on qu'un cri exprime la douleur ou la gaieté?

Un seul système d'appel est relativement pratique c'est le système des États-Unis, encore ne pourrait-il pas être appliqué à nos voitures, dont la construction est entièrement différente de celle des voitures américaines. Ce système consiste simplement en une corde allant d'un bout à l'autre du train, en passant dans des anneaux fixés au plafond des voitures, intérieurement, et permettant d'actionner un timbre placé près du chef de train. Le conducteur, grâce à la communication existant entre tous les véhicules, se rend aisément au point où il est appelé.

En France, il n'en serait pas de même, et il s'écoulerait forcément un laps de temps assez considérable entre le moment de l'avertisse-

ment et celui où l'agent du train pourrait arriver auprès des voyageurs, ce qui ne serait pas d'ailleurs sans danger pour lui, sur certaines lignes et à certains trains.

Ce système excellent en Amérique, ne vaudrait donc rien en France. Les appareils d'appel étant insuffisants ou inapplicables, il faut chercher ailleurs la solution demandée; cela nous amène à la seconde question posée à la Commission et qui est la plus importante :

Quels sont les moyens d'établir une communication entre les compartiments?

Le moyen est bien simple; il n'est pas besoin de le chercher longuement; il suffit de tourner les yeux vers l'Amérique du Nord : Le « Pulmann Car » est incontestablement le dernier progrès en tant que matériel à voyageurs.

Certainement les Compagnies ne peuvent pas mettre au rebut leur matériel qui représente une valeur considérable ; il serait injuste de leur demander un pareil sacrifice, mais rien ne les empêche d'adopter de nouveaux modèles pour les voitures à construire. Comme mesure transitoire, il resterait à modifier les autres, au fur et à mesure de leur rentrée aux ateliers, et en répartissant le travail sur plusieurs années au besoin, dans les limites du budget de chaque compagnie.

Quant à la modification à faire, tous les Ingénieurs la connaissent; elle consiste à pratiquer, dans le sens longitudinal de chaque voiture, les ouvertures nécessaires pour former un couloir soit central, soit latéral et à établir des ponts volants par-dessus les attelages.

La corde deviendrait alors, comme en Amérique, le moyen le plus simple et le plus naturel de correspondance entre les voyageurs et les agents du train.

Peut-être conviendrait-il d'apporter au type des voitures américaines quelques modifications destinées à le rendre plus conforme aux habitudes et aux goûts des voyageurs européens. Ce sont là des questions de détail qui seront bientôt et avantageusement résolues si le principe est admis.

On a prétendu que les voitures à circulation centrale n'auraient pas la faveur du public. Le voyageur français, a-t-on dit, aime à être tranquille dans son compartiment où nul ne peut venir le déranger pendant la route.

Si l'objection est sérieuse (encore faudrait-il admettre que les compartiments ne soient jamais au complet) il faut bien reconnaître qu'elle est en contradiction avec la préoccupation d'assurer la sécurité absolue du voyageur.

Car, tant que les compartiments seront séparés, le voyageur isolé sera exposé soit à se trouver sans secours s'il est malade, soit à succomber s'il est en butte aux attaques d'un malfaiteur, que ce malfai-

teur ait pénétré dans le compartiment pendant un arrêt, ou qu'il ait pu s'y introduire pendant la marche du train.

Il est impossible en effet, qu'une personne soit isolée et protégée tout à la fois.

Mais, l'objection n'est pas fondée, les Français sont d'un caractère trop sociable en général pour rechercher systématiquement la solitude; et si l'on voit, dans nos gares, les voyageurs se précipiter à l'assaut des coins vacants et repousser d'un air féroce ceux qui cherchent à les leur disputer, cela tient précisément à ce que l'on est mal dans ces compartiments qui ne comprennent que quatre places supportables. Au contraire, si toutes les places sont également confortables, les voyageurs, au lieu de se fuir, chercheront à se grouper, ou du moins ne rechercheront pas la solitude comme ils le font aujourd'hui. La preuve en est dans le succès des salons de la Société internationale des wagons-lits. Il est regrettable que les Compagnies françaises se soient laissées devancer dans la réalisation d'une réforme qu'elles auraient pu faire si aisément à leur unique profit.

Or, ce qui est vrai pour les places de luxe est également vrai pour les autres places.

Indépendamment du bien-être résultant des dispositions plus convenables des voitures, il faut tenir compte aussi de celui qui sera la conséquence d'un mode de construction meilleur.

En effet les grandes voitures montées sur trucks sont bien plus douces que les voitures généralement usitées en Europe ; les chocs provenant de la voie, n'étant transmis aux caisses qu'en deux points centraux, par l'intermédiaire des chevilles ouvrières, tandis que chaque roue des voitures actuelles transmet immédiatement à la caisse ceux qu'elle reçoit des joints des rails ou de la résistance des courbes.

Enfin faut-il mentionner la suppression des buffets dont on se plaint généralement et non sans motif?

Il est vrai qu'on ne sera pas mieux traité dans les wagons-restaurants, mais on gagnera du temps, ce qui est une compensation presque suffisante.

Reste le troisième point visé par la commission : la surveillance du train, en cours de route, par le personnel.

Cette question est résolue par la solution même de la précédente. Les agents pouvant circuler pendant le parcours, d'une extrémité à l'autre du train, seront à même non seulement de donner aux voyageurs des soins, ou des secours, mais encore de leur rendre tous les petits services dont ceux-ci auraient besoin. Les agents en effet ne devraient-ils pas être constamment à la disposition du public, dans les trains de chemins de fer, comme le sont les garçons dans les hôtels? La libre circulation dans les trains peut seule assurer cette condition.

M. Doux termine en exprimant l'espoir que, quelles que soient les

améliorations que proposera la Commission ministérielle, ces améliorations seront un véritable progrès et non un vain palliatif qui laisserait de nouveau la porte ouverte aux récriminations du public et n'aurait pour résultat que de rendre la solution plus onéreuse et plus difficile en ajournant l'exécution.

M. Edmond Roy exprime son étonnement d'entendre préconiser, comme matériel courant d'exploitation de chemin de fer, un matériel spécialement affecté à des places de luxe, pour lesquelles on fait payer un supplément de prix aux voyageurs.

Comment peut-on penser à imposer aux compagnies l'augmentation considérable de dépenses qui résulterait de la transformation des véhicules, alors que tout le monde réclame des diminutions de tarifs.

Laissant de côté la question de savoir si le système de voitures à couloir choquerait ou non les habitudes françaises, M. Edmond Roy fait remarquer que ce système n'est pas aussi efficace qu'on pourrait le croire; si en effet la porte d'un compartiment donnant accès à ces couloirs est fermée, un crime peut être commis dans ce compartiment sans que ni du couloir, ni des compartiments voisins, on entende quoi que ce soit, les sons étant couverts par le bruit produit par la marche du train. Ce système ne donnerait donc pas les résultats qu'en attendent les personnes qui le préconisent; il n'aurait d'autre effet que d'augmenter le poids mort en diminuant le nombre de places afférent à chaque voiture, et, partant, d'augmenter aussi les frais d'exploitation.

M. Edmond Roy rappelle que, depuis longtemps déjà, il existe au chemin de fer du Nord, des judas permettant de voir d'un compartiment dans l'autre, sans qu'il en résulte de gêne pour les voyageurs. Il pense qu'il suffirait de pratiquer dans le haut de la cloison séparative des compartiments, au-dessous du filet, un trou de sept à huit centimètres de diamètre; les cris poussés dans un compartiment, s'entendraient facilement des compartiments voisins, tandis qu'une conversation ordinaire ne pourrait être entendue. Ce serait là un moyen simple et pratique, car il arrivera rarement qu'il n'y aura personne ni dans l'un ni dans l'autre des compartiments contigus à celui où l'attentat aura lieu.

En ce qui concerne la sonnerie d'appel, mise à la disposition des voyageurs, M. Edmond Roy est d'avis qu'elle ne peut servir à une personne attaquée, dont le premier mouvement est de se défendre et non de toucher le bouton d'alarme ; son antagoniste ne lui en laisse pas le temps. Ce bouton n'a guère servi jusqu'à ce jour, qu'à produire des retards dans la marche des trains, sans motifs sérieux, ainsi qu'il a pu le constater lui-même, il y a trois semaines, étant dans le train rapide Paris-Marseille. Le train fut arrêté en pleine campagne par un voyageur auquel il avait pris fantaisie de voir si les boutons d'appel fonctionnaient bien.

M. Edmond Roy pense qu'il serait bon de faire des expériences sur

les moyens imaginés par MM. Armengaud et Boudenoot, mais qu'il ne convient pas de transformer, ainsi que le propose M. Doux, nos voitures actuelles en voitures du type américain. Ces dernières ont un couloir central, à droite et à gauche duquel sont disposées des banquettes à deux places. Les dossiers peuvent se renverser, afin de permettre aux voyageurs de se tourner à droite ou à gauche ; mais en général, et à l'exception des voitures servant aux grands trajets, il n'y a pas même de quoi s'appuyer la tête. Il ne faut donc pas croire que le matériel américain ait le confort du matériel français. C'est là encore une raison pour laquelle M. Roy qui, ayant pu juger les voitures américaines pendant dix années de séjour en Amérique, estime qu'il serait fâcheux qu'on les introduisit en France.

En résumé, M. Roy pense qu'il n'est nullement besoin de renverser le principe de la disposition de notre matériel, et que par quelques dispositifs très simples, appliqués aux véhicules actuels, et qui existent d'ailleurs en partie, on parviendra à assurer la sécurité des voyageurs en chemin de fer dans des limites aussi larges que le comportent le confort et l'intérêt des voyageurs.

M. LE PRÉSIDENT remercie MM. Doux et Roy des observations qu'ils ont présentées. Il émet l'avis que M. Roy a eu parfaitement raison de dire qu'il n'est pas nécessaire de modifier complètement le matériel français, mais qu'il convient de rechercher les améliorations de détail qu'il peut être utile d'y apporter.

M. LE PRÉSIDENT, avant de donner la parole à M. de Coëne, pour sa communication sur les *Améliorations à apporter dans la rade du Havre et dans l'estuaire de la Seine*, demande à l'Assemblée la permission de remercier par avance notre collègue de vouloir bien apporter à la Société son expérience et sa compétence, et traiter devant elle, avec tout le talent qu'on lui connaît, une question qui intéresse non seulement le Havre, Rouen et les autres ports de la Seine, mais encore la France entière.

(Le mémoire de M. de Coëne (*) devant être imprimé *in extenso* dans le Bulletin, nous ne donnons ici qu'un résumé de sa communication.)

M DE COENE dit que les paroles de M. le Président sont trop flatteuses à son égard, et demande l'indulgence de l'Assemblée.

Il expose qu'il lui a paru indispensable de venir renouveler devant la Société des Ingénieurs civils une discussion sur un sujet qui touche à la grandeur commerciale de notre pays. Il s'agit en effet de conserver à nos ports français la situation qui leur est disputée par leurs rivaux sur le continent, en améliorant l'entrée de la Seine, et en donnant aux ports

(*) Des exemplaires du mémoire de M. de Coëne seront déposés au Secrétariat de la Société, pour être remis aux Membres qui en feront la demande.

de Paris, le Havre, Honfleur et Rouen des aménagements supérieurs à ceux d'Anvers, Hambourg et Amsterdam.

En 1882, M. de Coëne a entretenu la Société des travaux exécutés dans la Seine maritime et de la construction de digues. A cette époque, la question de l'estuaire a été laissée de côté par lui. Aujourd'hui il vient parler d'une solution proposée en 1859, pour l'amélioration de l'estuaire, par M. Partiot, alors Ingénieur des Ponts et Chaussées chargé du service de la Seine maritime, qui a contribué à l'exécution des digues de la Seine, travail considéré à juste titre comme l'un des plus parfaits qui aient été exécutés sur les fleuves à marée.

Cette solution est fondée sur une règle que justifient sans aucune exception les exemples fournis par les grands fleuves ; cette règle, posée par M. Partiot, conduit à rétrécir l'embouchure de la Seine, à laisser une vaste étendue d'eau en amont du goulet ainsi formé, à réunir en un seul faisceau les divers chénaux par lesquels le fleuve s'écoule à la mer, de manière à constituer une rade profonde et abritée, tout en permettant de créer, pour le Havre, sur la Seine, une seconde entrée donnant passage aux plus grands navires, à toute heure de la marée.

Considérations générales sur le Havre et la Seine maritime.

M. DE COENE explique que, par suite des progrès réalisés par la navigation à vapeur, le temps entrant aujourd'hui pour une fraction considérable dans le prix de revient du fret, il est devenu nécessaire, pour soutenir la concurrence, de donner aux ports soumis à l'influence des marées les avantages que possèdent les ports sans marée de la Méditerranée, où, à toute heure du jour et de la nuit, les navires peuvent entrer et sortir.

La situation dominante qu'a prise le port d'Anvers est due à ce que les navires peuvent pénétrer dans ce port, qui est l'un des plus rapprochés du centre de l'Europe, par des profondeurs dont le minimum est de 5 mètres à marée basse.

En rendant accessible à toute marée le port du Havre et l'embouchure de la Seine, on arriverait à faire une concurrence sérieuse à Anvers, plus éloigné que Rouen du centre de l'Europe.

Pour cela il faut donner au Havre une entrée ayant 10 mètres de profondeur à basse mer, et une rade permettant aux navires d'évoluer facilement et d'aborder l'entrée sans hésitation.

Telles sont les données générales sur lesquelles doivent être conçus les projets à soumettre à la Commission technique nommée par le Gouvernement, et tel est le programme que s'est posé la Société pour la défense des intérêts de la Seine, que M. de Coene a l'honneur de présider.

M DE COENE établit, par une comparaison entre les accroissements

du trafic des ports français et étrangers de 1860 à 1882, que la France n'a pas suivi la progression des autres pays.

Le trafic d'ensemble des ports de la Seine — le Havre, Rouen et Honfleur — n'atteint pas celui d'Anvers.

Cette comparaison montre qu'on doit aborder le problème largement, et autorise à prévoir les travaux les plus considérables.

D'autre part, les avantages qui résulteraient, au point de vue de la défense nationale, de la création, en tête de la Seine, et entre Cherbourg et Dunkerque, d'une rade abritée de plusieurs milliers d'hectares, avec des profondeurs à basse mer capables de recevoir les plus grands navires de guerre, suffiraient pour justifier des installations que le pays réclame au point de vue de la fortune commerciale de la France.

Actuellement, le Havre ne possède qu'une entrée non abritée, non protégée contre l'ennemi, qui donne, à haute mer et en morte-eau, accès à des navires calant $7^{m},40$.

L'estuaire de la Seine ne donne passage, en morte-eau et à marée haute, et par des chenaux variables à intervalles irréguliers, qu'à des navires calant $5^{m},40$.

Il n'existe pas au Havre une rade sûre où les navires puissent attendre la marée pour entrer au port.

Les variations des chenaux sont des causes de retard pour la marche des navires montant à Rouen; elles rendent impossible l'éclairage de l'estuaire, et par suite empêchent l'entrée des navires pendant la nuit.

M. DE COENE expose ensuite que le projet dressé par les Ingénieurs des Ponts et Chaussées, et dont la réalisation coûterait 80 millions, ne résout le problème que d'une manière insuffisante : le port du Havre n'aurait toujours qu'une seule entrée trop restreinte, inaccessible, comme auparavant, pendant plusieurs heures, et dangereuse par les vents du Nord-Ouest; de plus, le développement des quais n'étant augmenté que de 2,000 mètres, serait insuffisant si le trafic atteignait 4,500,000 tonneaux.

Régime particulier de la Manche et de la Baie de Seine.

Pour juger les divers projets présentés, il est nécessaire d'étudier le régime des courants et des vents dans la Manche, ainsi que leur influence sur l'estuaire de la Seine et les fonds avoisinant le Havre.

Le phénomène de la marée, dans la Manche et le Pas-de-Calais, est produit par l'interférence de deux ondes opposées et inégales, ainsi que l'a exposé pour la première fois M. Keller, Ingénieur hydrographe de la marine. De ces deux ondes, la plus importante se dirige à travers la Manche, de l'océan Atlantique à la mer du Nord, c'est-à-dire de l'Ouest à l'Est; l'autre venant également de l'Océan, se dirige à travers la mer du Nord, vers le Pas-de-Calais, c'est-à-dire vers le Sud Ouest.

Le transport des sables, des matières flottantes, se fait constamment de l'Ouest à l'Est, de la Manche au Pas-de-Calais, ainsi que l'ont prouvé les observations de MM. Plocq, Hiennier et Keller, et la comparaison des analyses des sables des bancs de la mer du Nord et des sables de la Baie de Seine, d'où ressort l'identité de composition chimique des matières insolubles de ces sables.

Dans la Baie de Seine, il n'existe pas de bancs, comme dans la mer du Nord.

La pente générale de la plage, dirigée d'une manière continue vers le fond de la Manche, explique le transport des détritus pris aux bancs de Trouville et de la Seine, et emportés par le grand courant de la Manche, qui fonctionne à la façon d'un injecteur, empêchant l'encombrement de l'estuaire.

L'existence de cette action de transport met à néant les craintes d'envasement du Havre, manifestées par la Chambre de Commerce du Havre qui comparait la Seine à l'Adour.

D'après M. de Coëne, il n'y a aucune comparaison à établir, entre la Seine et l'Adour, qui diffèrent par le débit, la largeur du lit, la configuration des côtes sur lesquelles ils débouchent, la direction des courants marins, et le régime du transport des sables.

État actuel de l'estuaire de la Seine.

La Seine débouche dans la mer par un véritable delta de vase et de sable.

Il est important de noter que les eaux de la Seine s'écoulent par trois passes variables de position, et que le flot rentre en Seine également par ces trois mêmes passes.

Le chenal principal se dirige tantôt par la passe du Nord, tantôt par celle du Centre.

A l'arrivée du flot, ces trois passes et les trois courants qui y prennent naissance ont pour effet de produire des courants traversiers et des tourbillons qui passent devant les digues et arrêtent l'eau. Celle-ci se gonfle alors; son niveau s'élève; puis, rompant tous les obstacles, elle se précipite avec une grande vitesse dans les digues; le mascaret ainsi formé est rendu encore plus violent par les fonds durs en rocher de Tancarville, qui sont un obstacle à la rentrée du flot.

A la marée descendante, la division en trois branches du filet liquide s'échappant de la Seine réduit la vitesse du mouvement de l'eau à travers les trois chenaux, en sorte que, la puissance vive totale diminuant tout à coup, au sortir des digues, proportionnellement au carré de la vitesse, le courant de jusant n'a plus qu'une influence insignifiante dans ces trois chenaux.

Réunir tous les filets liquides s'échappant des digues dans l'estuaire,

en un seul faisceau qui, en débouchant dans la mer, creusera un chenal profond à l'entrée de la Seine, voilà la solution à chercher. C'est ainsi que les ingénieurs hollandais ont obtenu des profondeurs de 20 mètres à marée basse devant Flessingue.

Quelle passe faut-il choisir ? M. de Coëne est d'avis que c'est celle qui s'éloigne le plus du banc de Seine, et justifie ce choix par deux raisons : la première est que le chenal à créer ne doit pas déplacer les sables de ce banc. La seconde est que les premières eaux du flot entrant par cette passe sont des eaux venant du Nord, qui, en vertu de leur forte densité, ont beaucoup d'action sur le fond ; elles balayeront donc complètement le nouveau chenal. C'est par suite *des différences de densité des eaux de mer* et des *eaux douces du jusant* que les eaux de mer *se glissent sous les eaux douces* et forment comme un coin sous-marin pour pénétrer dans l'estuaire.

Il est également certain que si l'on fermait la passe Sud qui amène les apports littoraux dans l'estuaire, la quantité de vase apportée dans la Seine serait bien diminuée. . .

En résumé, il y aura, ainsi que cela a lieu dans l'Escaut maritime, une action permanente, concentrée, énergique, sur la seule passe existante, et création de fonds considérables qui ne seront limités que par la résistance du fond.

Enfin, on aura ainsi créé, à partir de Trouville, une plage circulaire où viendront se concentrer les actions du flot et des grandes vagues produites par les fonds du banc de Seine.

Sur les côtes du Calvados, le gisement de la plage empêche les sables de voyager le long du rivage et les cantonne là où ils ont été produits, de sorte qu'ils ne viennent jamais au Havre ; tandis qu'au contraire la forme particulière des côtes Nord de la baie de Seine, et le gisement de cette dernière produisent la vigueur des courants qui creusent la rade du Havre.

Examen et comparaison des divers projets proposés pour l'amélioration du port du Havre et de la Seine maritime.

Ces projets peuvent se diviser en deux catégories distinctes :

Dans la première, on doit placer les projets de MM. Vauthier, Lavoinne et Hersent, dont le trait caractéristique est l'évasement progressif des digues ; c'est le système des embouchures évasées.

Dans la deuxième, reste le projet de M. Partiot, dont la caractéristique est la fermeture de l'estuaire par un barrage artificiel sous le méridien du Havre, et par la création d'un goulet sur les jetées mêmes de ce port. C'est le système des embouchures avec goulet.

M. DE COENE poursuit son exposé en indiquant les analogies et les différences que présentent les projets de MM. Vauthier, Lavoinne et

Hersent. Ces trois auteurs veulent faciliter l'entrée du flot par l'évasement des digues du côté de la mer, empêcher le mascaret de se former, et accroître les fonds par l'augmentation du volume des eaux du jusant.

Les projets de MM. Lavoinne et Hersent ne conservent que deux des trois passes, en barrant celle de Villerville qui donne accès au courant du Calvados, le plus chargé en alluvions.

M. Hersent indique, de plus, l'emplacement d'un bassin en eau profonde et de plusieurs bassins à flot que l'on construirait en empiétant sur la mer.

M. DE COENE est d'avis que ces trois projets ont le très grave inconvénient de laisser se former une barre dans le chenal, ainsi que cela se produit sans exception dans toutes les embouchures évasées.

Il faut, dit M. de Coëne, forcer la Seine à sortir en un point le plus éloigné possible du banc de Seine où se cantonnent les atterrissements, laisser ces atterrissements exposés au choc des grandes lames du Nord-Ouest, pour les triturer, les amincir et les préparer à être enlevés dans les grands fonds de la Manche par le jusant, et à être transportés ensuite vers les rivages de la mer du Nord par le grand courant de flot de la Manche.

Tous les efforts doivent concourir à faire diriger les courants en un point où l'on constate un effet de creusement manifeste, sous l'action combinée des courants et de la houle ; car il est un fait indiscutable, et souvent indiqué dans les discussions soulevées à propos des projets du Havre, c'est que là où un courant de fond existe, et où il y a une grande agitation, tous les fonds mobiles sont arrachés et déplacés.

La place qui est indiquée comme remplissant cette condition est la passe Nord, qui ne renferme pas de vase.

Lorsque le courant de la Seine porte au Nord, il balaye rigoureusement les abords du Havre. Placer l'entrée du fleuve sur les fonds de Trouville et de Villerville, qui présentent des bancs d'étendue variable, c'est forcer le flot à faire entrer dans la Seine tous les produits déposés dans ces fonds.

Fermer les deux passes de Villerville et du centre, c'est concentrer tous les efforts de la vague du Nord-Ouest, tous les remous, dans un espace fermé, dans un vaste cirque où les vases et les sables viendront s'accumuler jusqu'à ce que la trituration produite par le choc des vagues permette au jusant de les renvoyer dans les profondeurs de la mer, d'où ils disparaîtront par le grand courant de flot.

Il est dès lors évident que si on dirigeait la Seine dans la passe Nord, on ferait pour le Havre une première conquête en même temps qu'on améliorerait la Seine.

M. DE COENE passe ensuite en revue les embouchures des fleuves sur les mers à marée et sur l'Océan; il résulte de cet examen que, sans

exception, toutes les embouchures pourvues d'un goulet sont profondes et accessibles à marée basse, tandis que toutes les embouchures évasées ont une barre et sont inaccessibles à la basse mer.

Il est donc naturel de songer à appliquer cette loi générale, énoncée pour la première fois par M. Partiot, en créant au Havre un goulet en aval du vaste estuaire où viendrait s'accumuler à chaque marée une énorme quantité d'eau, qui, au flot, creuserait un chenal sinueux que régulariserait ensuite la sortie des eaux pendant le jusant.

Cette action se faisant sentir toujours au même point, le nouveau chenal atteindrait facilement la courbe des fonds de 10 mètres qui n'est qu'à 4 kilomètres des jetées du Havre.

La constitution géologique du fond de l'estuaire permettrait parfaitement cet approfondissement. MM. Vauthier, Delesse et Armand Fortin sont unanimes à dire qu'on trouvera, en effet, des fonds affouillables de 7 à 8 mètres au-dessous des basses mers.

Pour créer ce goulet, on fermerait une portion de l'embouchure par un môle partant de la pointe de Villerville et se dirigeant en droite ligne sur le banc d'Amford en passant sur celui du Ratier, et s'infléchissant vers l'Ouest de façon à laisser un chenal de 2,000 mètres de largeur entre son extrémité et les jetées du Havre.

Afin de relier le lit actuel de la Seine au goulet ainsi formé devant le Havre, M. Partiot prolonge les digues depuis l'embouchure de la Risle jusque sous les jetées de Honfleur, la digue Nord étant prolongée de 800 mètres dans la direction du Havre.

Entre ces digues et le goulet, on aurait ainsi une vaste baie intérieure de 6 à 7,000 hectares, parfaitement abritée des vents du Nord et du Nord-Ouest et offrant une rade de 2,000 hectares accessible à tous les navires et même à toute une flotte.

M. DE COENE donne une idée de la puissance de la chasse qui serait produite dans l'unique chenal que comporte le projet de M. Partiot, en indiquant le volume d'eau qui s'écoulera par mètre de largeur du goulet et qu'il a calculé devoir être égal à 300,000 mètres cubes en vive-eau et à 140,000 mètres cubes en morte-eau.

Intérieur de l'estuaire.

M. Partiot propose de prolonger les digues de la Seine de Berville à Honfleur, en leur conservant l'évasement de 10 mètres par kilomètre adopté pour les parties déjà construites.

M. DE COENE pense qu'il convient de limiter, pour le moment, le travail au prolongement de la digue Sud jusque devant Honfleur. En effet, la création du môle devant amener une amélioration de l'entrée de l'eau et une atténuation du mascaret, il serait bon d'attendre la consta-

tation de l'effet produit pour régler l'écartement des digues entre Berville et Quillebœuf.

M. DE COENE compte qu'il sera inutile de prolonger la digue Nord, car le chenal sera fixé sur la côte Sud le long d'une digue insubmersible où l'appliquera la force centrifuge. De Honfleur à l'extrémité du môle, l'action des courants suffira pour fixer la position du chenal, car la fermeture des passes de Villerville et du centre aura pour effet de rendre immuable la direction des courants, en les empêchant de se heurter et de produire par suite des atterrissements.

On peut cependant prévoir le prolongement éventuel de la digue Sud jusqu'à l'extrémité du môle, dans le cas où les courbures du chenal gêneraient la navigation.

Ces ouvrages seraient complétés par une portion de digue destinée à couvrir l'entrée du Havre de la houle du Nord-Ouest, et que l'on pourrait orienter dès à présent en vue du prolongement éventuel du môle jusqu'à la Hève.

Création au Havre d'une nouvelle entrée sur la Seine.

Les travaux projetés par M. de Coëne pour fixer définitivement le lit de la Seine dans son estuaire profiteront au port du Havre.

Les installations actuelles de ce port sont insuffisantes et les projets qui ont été dressés jusqu'à ce jour, ont l'inconvénient, ou de ne pas donner satisfaction complète aux besoins de la navigation, ou d'entraîner à des dépenses considérables, par suite de la construction dans la mer de nouveaux bassins, tandis que, dans son projet, M. de Coëne, amenant les grandes profondeurs contre les rives de la plaine de l'Eure, peut, en faisant une deuxième entrée dans cette plaine, créer un bassin en eau profonde dans l'intérieur même des terres. Ce bassin, accessible à toute heure de marée, et offrant de grandes facilités d'évolutions, sera relié au neuvième bassin en construction, et donnera accès à un vaste bassin divisé en darses obliques, avec docks, où les trains pourront circuler facilement.

Ainsi le Havre, tout en restant essentiellement port de mer, deviendra aussi, en quelque sorte, un véritable port fluvial, et participera à la fois aux avantages de ces deux genres de ports.

Amélioration de l'entrée actuelle du Havre.

M. DE COENE infère de l'exemple du port de Swansea, et de la rivière la Tyne, qu'il sera facile d'augmenter la profondeur de l'entrée actuelle du Havre.

Résumé et conclusions.

En résumé, M. de Coëne croit pouvoir conclure comme suit :

Pour améliorer le port du Havre et l'estuaire de la Seine, il convient de procéder méthodiquement, ce qui n'a jamais été fait jusqu'ici.

Le projet de M. Partiot présente des avantages considérables, et doit être adopté dans sa partie essentielle, quitte à réserver pour l'avenir l'exécution de certains détails.

M. DE COENE propose, en conséquence :

1° La construction immédiate du môle qui porterait le débouché de la Seine sur la passe du Nord ;

2° L'exécution de la digue Sud jusqu'à Honfleur ;

3° Eventuellement, l'élargissement des digues, depuis Tancarville, lorsqu'on aurait constaté l'effet produit par la construction du môle ;

4° L'abaissement des seuils de Tancarville, de la Vacquerie et des Meules, pour faire pénétrer le flot à l'amont ;

5° La construction, pour le port du Havre, d'une nouvelle entrée sur la Seine ;

6° Le creusement de la passe Sud-Ouest du Havre ;

7° Eventuellement, la construction d'une digue sur l'Eclat, pour protéger le Havre contre les vents du Nord-Ouest.

Ces divers projets, dont la réalisation occasionnerait une dépense ne dépassant pas 100 millions, donnerait des satisfactions complètes, en répondant au programme d'ensemble que la Société pour la défense des intérêts de la Seine avait accepté devant la Commission des voies navigables, à la Chambre des députés.

M. DE COENE fait remarquer, en terminant, que, depuis cinquante ans que le Gouvernement s'occupe de la question, on n'a pas osé prendre de décision relativement à l'estuaire, on n'a pu se mettre d'accord sur un projet digne de la France ; tandis que l'entente la plus parfaite n'a cessé de régner entre la Belgique et la Hollande quand il s'est agi d'améliorer d'abord l'entrée du canal de Terneuzen pour faire de la ville de Gand un port important, puis le lit de l'Escaut pour doter le port d'Anvers des magnifiques installations maritimes qu'il possède aujourd'hui ; il en a été de même en 1866, lorsqu'a été débattue la question de la fermeture de l'Escaut oriental qui a eu pour effet de porter à 20 mètres les profondeurs à basse mer dans le port de Flessingue.

Quoi qu'il en soit, M. de Coëne exprime l'espoir que le Gouvernement, soucieux de nos grands intérêts maritimes, arrêtera bientôt une solution définitive, et s'aidant, s'il est besoin, du secours qu'il peut attendre de l'initiative privée, donnera aux ports de la Seine des amé-

nagements qui assureront le développement de l'activité commerciale de notre pays. *(Applaudissements.)*

M. LE PRÉSIDENT dit que les applaudissements de l'assemblée sont pour M. de Coëne un témoignage de l'intérêt qu'elle a pris à entendre sa communication. Il le remercie d'avoir bien voulu citer son nom à propos de l'amélioration de l'embouchure de la Seine, et ajoute que s'il n'est pas d'accord avec lui sur certains points particuliers, il l'est entièrement sur l'ensemble du sujet.

M. LE PRÉSIDENT pense qu'il est intéressant pour la Société de s'occuper des moyens à employer pour améliorer l'état de nos ports de mer, et les conditions actuelles de la navigation. En traitant des questions d'une si haute importance, et dont la solution réaliserait de grands progrès économiques, la Société affirme sa vitalité et augmente son influence dans le monde.

M. LE PRÉSIDENT remercie vivement M. de Coëne de sa très intéressante communication, et l'invite à en présenter prochainement une nouvelle.

M. DE COENE se tient à la disposition de la Société au cas où elle jugerait convenable d'ouvrir une discussion sur le sujet de sa communication.

M. LE PRÉSIDENT fait observer que l'intérêt que présente cette discussion est encore augmenté par ce fait qu'une Commission technique, composée d'Inspecteurs généraux des Ponts et Chaussées, d'Ingénieurs hydrographes, d'officiers supérieurs de la marine et d'autres personnes compétentes en la matière, est appelée à donner son avis sur les moyens à mettre en œuvre pour améliorer la rade du Havre et l'estuaire de la Seine. Cette discussion pourra avoir lieu dans six semaines. D'ici là, chacun aura le temps de s'y préparer.

M. DE COENE pense qu'il serait d'autant plus important qu'une discussion se produisît, que M. le Président de la Commission technique, ayant été informé par lui qu'un débat sur ce sujet pourrait s'ouvrir devant la Société, lui avait exprimé le désir de recevoir le compte rendu de cette discussion dans laquelle les membres de la Société des Ingénieurs civils pourront exprimer librement leurs observations et leurs objections, et avait ajouté que la Commission, qui cherche à s'éclairer, serait heureuse d'y trouver les éléments d'une solution.

Si l'opinion générale de la Société ressortait clairement d'une discussion, cette opinion aurait certainement quelque influence sur les décisions de la Commission.

La Société des Ingénieurs civils de Londres s'est occupée du sujet de l'estuaire de la Seine, dans une de ses dernières séances; il est impossible que, de son côté, la Société des Ingénieurs civils de France laisse tomber une question aussi importante sans la développer beaucoup plus ample-

ment que M. de Coëne n'a pu le faire, dans la communication qu'il vient de présenter aujourd'hui.

Peut-être pourrait-on inviter à prendre part à cette discussion un certain nombre de personnes étrangères à la Société, qui apporteraient le concours de leurs lumières.

M. Edmond Roy fait observer que, pour discuter une question aussi complexe, il conviendrait que nos collègues pussent non seulement se préparer en consultant un mémoire donnant tous les renseignements nécessaires, mais encore eussent sous les yeux, pendant la discussion, des cartes et profils faisant connaître la configuration actuelle de la vallée de la Seine entre Rouen et l'embouchure.

M. le Président répond que la bibliothèque de la Société renferme de nombreux documents, — cartes, profils, diagrammes indiquant les volumes d'eau entrant et sortant, etc., — ainsi que la plupart des projets dressés jusqu'à ce jour.

M. le Président engage tous ceux que la question intéresse à bien vouloir l'approfondir, afin que la discussion, qui aura lieu dans six semaines, et à laquelle il sera heureux de prendre part lui-même, ait toute l'ampleur désirable, et mette à jour les faces diverses de cette importante affaire.

M. le Président annonce qu'il a reçu une lettre par laquelle l'Institut de France le prie d'ouvrir, au sein de la Société, une souscription pour l'érection de l'Institut Pasteur.

Cette souscription, à laquelle M. le Président invite tous nos collègues à participer, est ouverte dès maintenant au secrétariat de la Société.

La Séance est levée à onze heures.

Séance du 16 Avril 1886.

Présidence de M. Hé sent.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. le Président a le regret de faire part du décès de MM. Bachelu, Renard, Lucien et Galland.

Il a le plaisir d'annoncer que M. Vitali, membre de la Société, a été nommé officier de la Légion d'honneur.

L'ordre du jour appelle la communication de M. Gabriel Thareau

sur l'*Association parisienne des Industriels pour préserver les ouvriers des accidents du travail.*

L'outillage mécanique a fait dans ce siècle des progrès considérables, et presque partout les machines-outils ont remplacé le travail manuel. Les ouvriers chargés de conduire ces machines, qui exigent pour être mises en mouvement des forces ou des vitesses considérables, sont sans cesse en contact avec leurs organes et leurs transmissions, et par conséquent, toujours exposés à des accidents qui mettent leur existence en danger, malgré les précautions prises par les patrons.

Jusqu'en 1874 aucune loi spéciale en France, ne réglait le travail des usines ; à cette époque intervint la loi sur le travail des enfants et filles mineures qui détermina les conditions de leur emploi et soumit les ateliers où ils sont employés à des inspections.

On trouva bientôt que ce n'était pas suffisant et une loi sur cette matière fut votée en première lecture à la Chambre des députés en novembre 1884. Elle déclare en principe le patron responsable des accidents dont sont victimes ses ouvriers, sauf à lui à faire la preuve que l'accident est dû à l'imprudence de l'ouvrier. Un peu plus tard le ministre du Commerce déposa un projet de loi soumettant tous les établissements industriels à des inspections régulières et imposant aux patrons toutes les précautions nécessaires pour assurer la sécurité de leurs ouvriers. Ces précautions sont tellement minutieuses, qu'on peut dire que, si elles étaient appliquées, les trois quarts des usines de Paris devraient être transformées. Les événements politiques empêchèrent la discussion de ces lois, mais elles ont été reprises par le ministre actuel du Commerce et de l'Industrie et il est probable que leur discussion commencera d'ici peu de temps.

A l'étranger des lois analogues ont été promulguées dans ces dernières années. En Allemagne les patrons sont non seulement responsables des accidents, mais aussi des maladies occasionnées par le travail. En Autriche, les ateliers sont soumis à des inspections, pour vérifier les précautions prises, la durée journalière du travail, les salaires, etc. En Angleterre et en Suisse les anciennes lois ont été remaniées dans le même sens.

Nous croyons, comme M. G. Salomon l'a déjà soutenu devant vous en 1884, que l'initiative privée serait plus efficace pour assurer la sécurité des ouvriers sans gêner le travail, que toutes les lois émanant des Gouvernements. Mais il est nécessaire que cette initiative soit sans cesse stimulée et que les industriels soient toujours au courant des moyens imaginés pour conjurer les accidents dont leurs ouvriers peuvent être victimes. De là est venue l'idée de ces Associations d'industriels, pour rechercher entre eux toutes les mesures préservatives. C'est à l'Alsace que nous devons cette innovation généreuse. En 1867, sur la proposition de M. Engel-Dolfus, la Société industrielle de Mui-

house créa l'Association alsacienne pour combattre les accidents de machines. Son succès fut considérable et on ne peut mieux le justifier qu'en citant les chiffres donnés par M. Engel-Dolfus dans un dernier rapport, qui constatait que 64 0/0 des accidents auraient pu être évités si toutes les précautions indiquées avaient été suivies. Il ne reste donc que 36 0/0 d'accidents arrivés par cas de force majeure. C'est sur ce chiffre de 64 0/0 qu'il faut agir pour le diminuer notablement ou même pour le supprimer.

La Société industrielle de Rouen, sous l'impulsion de M. de Coëne, fonda une association analogue qui réussit également. A Paris, un groupe d'Industriels et d'Ingénieurs connaissant les résultats obtenus à Mulhouse essayèrent d'organiser une association semblable. L'idée première émane de la Société de protection des apprentis, laquelle chargea M. Chaix de demander le concours de personnes connaissant un grand nombre d'industriels. M. Chaix s'adressa à M. Emile Muller qui mieux que personne était en mesure de mener à bien une telle œuvre. Le Président de la Société des Ingénieurs Civils fut nommé membre honoraire. L'Association parisienne fut fondée définitivement en décembre 1883. Elle est dirigée par un Conseil composé des principaux représentants des diverses industries de Paris, sous la direction duquel des Inspecteurs, choisis parmi les Ingénieurs ou anciens industriels, visitent les usines des industriels adhérents, leur indiquent toutes les mesures de précautions à prendre et les tiennent au courant de tout ce qui est imaginé de nouveau au point de vue préventif. Des études et des expériences sur les machines les plus dangereuses sont faites et portées à la connaissance des adhérents. Les travaux remarquables publiés par les Ingénieurs de l'Association de Mulhouse ont été mis à profit, ainsi que ceux de l'Association de Rouen.

L'Association parisienne a fait imprimer des règlements destinés à être affichés dans les usines, de façon que les ouvriers les aient constamment sous les yeux. Ils comprennent :

1° Instructions sur l'arrêt et la mise en marche des moteurs;

2° Instructions sur les précautions à prendre concernant les transmissions ;

3° Instructions sur les précautions à prendre dans les imprimeries.

La série de ces règlements sera continuée.

De plus des études ont été faites sur les meules en grès et en composition, sur les machines à travailler le bois, sur l'emploi industriel du sulfure de carbone, sur les mesures propres à combattre les incendies.

Tel est, dans ses grandes lignes, le but que poursuit l'Association parisienne des industriels et les moyens qu'elle emploie pour l'atteindre. Les efforts de ses fondateurs n'ont pas été stériles, car elle compte maintenant plus de 500 membres et le nombre des ouvriers em-

ployés dans les usines qu'elle fait inspecter dépasse 25.000. Ces chiffres s'accroissent tous les jours.

Nous connaissons trop les sentiments que la Société des Ingénieurs Civils a manifestés en faveur de l'initiative privée, pour douter que ses sympathies ne soient acquises à cette œuvre qui a pour but d'épargner la vie et la santé des ouvriers.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Thareau de son intéressante communication, d'autant plus intéressante qu'elle porte sur une entreprise ayant pour base l'initiative privée, si utile et si féconde pour amener et suivre le Progrès.

M. BERTON a la parole pour sa communication :

Analyse du mémoire de M. Considère, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, sur l'emploi du fer et de l'acier.

Le mémoire de M. Considère comprend trois parties :

1° Propriétés communes au fer et à l'acier et influences physiques et chimiques qui peuvent les modifier ;

2° Etude des chocs ;

3° Etude des assemblages, des propriétés spéciales de l'acier et détermination des efforts qu'il convient d'imposer au fer et à l'acier en tenant compte des expériences de MM. Wœhler et Spangenberg.

M. BERTON ne rend compte que de la première partie de cet ouvrage; la seconde partie a été publiée il y a quelques jours seulement.

L'auteur étudie d'abord la traction simple et analyse le phénomène de la striction; il établit que la tension par millimètre carré dans la section contractée peut atteindre le double de la résistance usuelle de rupture, que la ductilité des métaux au point de vue de la rupture par traction dans les sections dangereuses et de la rupture par flexion dépend exclusivement de l'allongement de striction; il est donc logique de donner une importance prépondérante à l'allongement de striction dans le classement des métaux.

Passant à l'étude de la flexion, M. Considère montre que dans la rupture par flexion, l'allongement des fibres extrêmes est égal à l'allongement de striction et que leur résistance est égale à la résistance de striction. Il constate que le moment de rupture par flexion peut dépasser le double de la valeur donnée par la formule $M = \frac{R\,I}{n}$, et fait ressortir que d'essais à la rupture par traction, on ne peut déduire la valeur du métal pour la flexion et inversement.

Toutes ces conclusions sont appuyées sur de nombreuses expériences.

L'expérience prouve aussi que la limite d'élasticité de flexion diffère de la limite d'élasticité de traction et que la forme de la section exerce une influence sur la résistance à la flexion.

M. Considère discute les expériences de Wœhler et Spangenberg, sur l'effet des efforts répétés un grand nombre de fois, formule les

conclusions que l'on est en droit d'en tirer et en déduit une méthode de calcul des pièces de machine destinées à remplacer les pièces brisées en service.

Il rend compte de nombreux essais qui permettent d'étudier les effets du poinçonnage et conclut que l'alésage est le moyen le plus pratique et le plus économique de faire disparaître l'altération du métal résultant du poinçonnage.

Telles sont les considérations les plus nouvelles contenues dans cet important travail qui deviendra le point de départ d'une réforme dans l'enseignement de la résistance des matériaux. *(Applaudissements.)*

La communication de M. Berton sera publiée *in extenso* dans le *Bulletin*.

M. LE PRÉSIDENT dit que les applaudissements de l'assemblée montrent toute l'importance que présente la question de l'emploi de l'acier. Il pense que les recherches de M. Considère sont l'acheminement vers la meilleure utilisation des métaux dans les emplois si variés qui en sont faits par l'art de l'Ingénieur, et qui sont l'objet de ses constantes préoccupations.

M. LE PRÉSIDENT. — Nous avons encore à l'ordre du jour une communication de M. Georges Bianchi sur la *Barre de Rio-Grande du Sud* (Brésil).

M. Bianchi étant absent, son mémoire sera publié *in extenso* dans le Bulletin de la Société pour épargner le temps des séances.

M. LE PRÉSIDENT signale, en terminant, qu'il a eu le plaisir de voir notre cher vice-président M. Périssé, qui a été victime d'un odieux attentat ; il a eu la satisfaction de le trouver en convalescence complète, et presque en mesure de reprendre ses occupations. Au milieu de ses souffrances mêmes M. Périssé s'occupait encore des travaux de la Société et de tout ce qui la concerne. C'est ainsi qu'il a chargé M. le Président d'appeler l'attention du Comité sur la question de savoir s'il n'y aurait pas intérêt à faire une démarche auprès du Ministre du Commerce à propos de l'Exposition de 1889, qui va entrer dans la période d'exécution.

Dans les Expositions précédentes, la Société a toujours été largement représentée dans les Conseils et dans le Personnel. M. le Président pense que cette démarche serait intéressante, et la met à l'étude. Mais ce qui est plus intéressant encore pour le moment, c'est d'apprendre que la santé de M. Périssé tend à se rétablir de jour en jour, que l'on aura bientôt le plaisir de le voir reprendre la place qu'il occupe si dignement au milieu de ses collègues.

MM. Marot et Roche ont été reçus membres sociétaires, et M. Guillotin membre associé.

La séance est levée à dix heures un quart.

MÉMOIRE

SUR LES

AMÉLIORATIONS A APPORTER

AU

PORT DU HAVRE

ET DANS

L'ESTUAIRE DE LA SEINE

PAR M. DE COENE

J'ai pensé qu'il était indispensable de venir renouveler devant la Société des Ingénieurs Civils une discussion dont l'importance ne peut échapper à personne, puisqu'il s'agit d'améliorer l'entrée du fleuve qui conduit à la capitale de la France, pour permettre de donner aux ports de mer de Paris, le Havre, Honfleur, Rouen, des aménagements supérieurs à leurs rivaux sur le continent, Anvers, Hambourg et Amsterdam.

La question est grave, car elle touche à la grandeur commerciale de notre pays.

Il s'agit de savoir si nous saurons conserver à nos ports français la situation qui leur est disputée par leurs concurrents.

Plusieurs solutions sont offertes et M. le Ministre des Travaux publics a nommé une commission technique pour arrêter un programme.

En 1882, j'ai entretenu la Société des travaux exécutés sur la Seine maritime, et des résultats obtenus par la construction des digues.

La question de l'estuaire avait été laissée de côté.

Aujourd'hui, je viens parler d'une solution proposée, en 1859, par un des Ingénieurs des Ponts et Chaussées, chargé du service de la Seine maritime, le seul qui reste encore aujourd'hui de ceux qui ont contribué à la construction des digues de la Seine, travail considéré par tous, et à juste titre, comme un des projets les plus parfaits et les plus habilement conçus qui aient été exécutés sur les fleuves à marée.

C'est sous votre patronage que je me permets de mettre un projet qui, jusqu'à présent, par une fortune singulière, n'a pas été discuté, n'a pas été examiné, n'a pas été repoussé.

Il a été seulement laissé de côté, surtout parce qu'on a considéré, jusqu'à présent, qu'il s'élevait à un prix trop élevé et que la Seine ne méritait pas une dépense aussi élevée.

Je ne veux certes pas amoindrir le mérite de ceux qui, depuis 1859, sont venus apporter des solutions nouvelles pour l'estuaire, mais j'ai pensé qu'il était possible, qu'il était même nécessaire, sur le terrain de libre discussion où nous nous trouvons ici, de venir rappeler une solution qui peut paraître radicale au premier abord parce qu'elle s'écarte des idées nouvelles, mais qui m'a paru absolument à l'abri de toute critique dans sa donnée principale. Elle repose en effet sur des exemples que je me suis efforcé de vérifier, de contrôler, de multiplier, de telle manière que jusqu'à présent je n'ai pas trouvé un seul exemple qui soit contraire à la règle posée par M. Partiot, Inspecteur général des Ponts et Chaussées et qui consiste, comme on le verra tout à l'heure, à rétrécir l'embouchure de la Seine, à laisser une vaste étendue d'eau en amont du goulet, à réunir en un seul faisceau les divers chenaux par lesquels le fleuve s'écoule à la mer. On parviendra ainsi à donner une action assez puissante au flot et au jusant pour constituer une rade profonde bien abritée, capable d'offrir un refuge sûr à de nombreux navires. On ouvrira de la sorte une seconde entrée pour le port du Havre, sur la Seine, où les plus grands navires pourront entrer à toute heure de marée, comme on le voit sur le plan que je mets sous les yeux de la Société. (Voir Pl. n° 114.)

1° CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES SUR LE HAVRE ET LA SEINE-MARITIME

Les progrès réalisés, principalement par la navigation à vapeur, l'importance croissante du trafic maritime qui a été la conséquence de ces progrès, poussent toutes les nations à chercher à améliorer les entrées de leurs ports.

Jusqu'à présent, en France, à peu d'exceptions près, le domaine maritime qui précède leur entrée a été respecté et laissé dans l'état où la nature l'a créé.

Mais, aujourd'hui, les nécessités de la concurrence exigent que les accès soient plus profonds.

Il faut que, dans les ports soumis à l'influence des marées, on donne à la navigation les mêmes avantages qu'elle trouve dans les ports sans marée de la Méditerranée où, à toute heure du jour et de la nuit, les navires peuvent entrer et sortir.

Autrefois, le temps perdu était un facteur presque négligeable.

Aujourd'hui, le temps est au contraire une fraction considérable du prix de revient du fret.

Ce mouvement économique s'est accusé depuis que le canal de Suez est venu raccourcir, dans une si grande proportion, la distance qui sépare l'Europe de l'Inde, de la Chine et de tous les points de l'Extrême-Orient.

Ce qui se produit sur une grande échelle pour Suez et qui va s'accentuer encore par le percement de Panama, arrive aussi, mais dans une proportion plus réduite, pour nos ports de l'Europe sur l'Océan.

La situation dominante prise par le port d'Anvers tient à l'extrême facilité que trouvent les navires à entrer dans l'Escaut maritime où il existe, devant Flessingue, des profondeurs de 18 à 20 mètres à marée basse. Il suffit ensuite de traverser un ou deux seuils où à basse mer on a encore cinq mètres de tirant d'eau pour arriver à l'un des ports les plus beaux et plus rapprochés du centre de l'Europe.

Si donc le Havre et la Seine, à son embouchure tout au moins, étaient accessibles à toute heure de marée, on pourrait arriver à

faire une *concurrence sérieuse à Anvers, par Rouen, qui se trouve plus rapproché que lui du centre de l'Europe.*

Les ports du Havre, de Rouen et de Honfleur sont étroitement liés pour les améliorations que l'on peut apporter à la Seine maritime.

Si le Havre possède de précieux avantages au point de vue de l'accès, une chose qui lui reste cependant à acquérir, c'est une entrée accessible à toute heure de marée, qui présente toutes les conditions nautiques désirables, c'est-à-dire *facilité pour la direction des navires, sécurité absolue pour gouverner à l'entrée du port.*

Pour arriver à ce résultat, il faut donner au Havre une entrée ayant 10 mètres de profondeur à basse mer, une rade qui permette l'évolution des navires et qui soit suffisamment abritée pour qu'ils n'aient aucune hésitation à aborder l'entrée.

Cette rade abritée pourra aussi servir pour la navigation maritime en destination de Honfleur, de Rouen et des ports répandus le long du fleuve.

C'est sur ces données générales que doivent être conçus les projets à soumettre à la commission et c'est le programme que s'est posé la Société que j'ai l'honneur de présider et au nom de laquelle j'ai fait une déposition devant la commission.

Il s'agit, comme a dit M. le Ministre des Travaux publics, de trouver une solution complète où tous les intérêts soient satisfaits, l'intérêt du pays d'abord, les intérêts du Havre, de Rouen et de Honfleur ensuite.

Une comparaison du trafic des ports de mer du monde entier nous amène à voir que la France, dans les progrès du trafic maritime, n'a pas suivi la marche rapide que l'on constate dans les autres pays.

De 1860 à 1882, le trafic du Havre ne s'est accru que de 2,000,000 de tonnes ; 2,500,000 en 1860 et 4,500,000 en 1882.

Pendant le même intervalle, nous voyons au contraire que New-York, de 4,500,000 tonnes en 1860, a atteint en 1882 19,500,000.

Londres, de 9,700,000 en 1860, a atteint en 1882 17,000,000.

Le port de Liverpool, de 9,000,000 en 1860, a passé en 1881 à 15,500,000.

Le port de Marseille, de 4,500,000 en 1860, a passé en 1882 à plus de 8,000,000 de tonnes.

Le port d'Anvers, de 1,200,000 en 1860, a passé en 1882 à 7,000,000.

Rouen, de 500,000 tonnes en 1860, à 1,500,000 en 1882.

Les ports de la Seine, c'est-à-dire le Havre, Rouen et Honfleur, n'ont donc suivi que de loin cette progression et aujourd'hui n'atteignent pas dans leur ensemble le trafic d'Anvers.

Cette comparaison sert à faire voir la marge qui est offerte à notre activité.

Elle montre qu'on peut *aborder le problème largement et elle nous autorise à prévoir les travaux les plus considérables.*

Il est encore un autre sujet, tout aussi important, c'est l'intérêt de la marine militaire et de la défense nationale.

Posséder, en tête de la Seine qui conduit à Paris, entre Cherbourg et Dunkerque, une rade abritée de plusieurs milliers d'hectares, avec des profondeurs à basse mer de dix mètres, capable de recevoir les plus grands navires de guerre, serait un résultat considérable qui, s'il était atteint, suffirait à lui seul pour justifier des installations que le pays réclame au point de vue de la fortune commerciale de la France.

Le programme qui est posé par le Ministre embrasse donc, non seulement la fortune commerciale, mais encore la défense nationale, et c'est à ces titres divers qu'il se recommande à votre attention.

Ces considérations générales une fois posées, nous allons montrer la solution que nous avons à chercher, en indiquant la situation des choses.

En ce moment, le Havre ne possède qu'une entrée non abritée, non protégée contre l'ennemi, qui donne à haute mer et en morte-eau, accès à des navires calant $7^{m},40$.

La Seine, dans son estuaire, ne livre passage à la navigation que par des chenaux variables à intervalles irréguliers et qui ne permettent, en morte-eau et à marée haute, l'accès qu'à des navires calant $5^{m},40$. L'estuaire de la Seine ne pouvant être éclairé, les navires ne peuvent y entrer la nuit.

Il n'existe pas au Havre une rade sûre où les navires attendant la marée, pour entrer au port, soient en complète sécurité.

Les variations des chenaux de la Seine sont la cause permanente de soucis et de difficultés qui retardent les navires montant à Rouen.

Avec les exigences nouvelles de la navigation rapide à vapeur, il faut, de toute nécessité, qu'un navire arrivant en rade puisse entrer à tout instant et décharger ses voyageurs et ses marchandises.

Il faut aussi que les navires qui font escale au Havre (le port obligé de la navigation transatlantique), puissent en quelques heures faire leurs opérations et repartir aussitôt sans attendre l'ouverture des portes des bassins.

L'entrée actuelle ne peut répondre à ces besoins. L'entrée nouvelle projetée par les ingénieurs des Ponts et Chaussées ne remplit pas cette condition, puisque, pendant quelques heures, l'entrée du port resterait inaccessible comme auparavant. Elle serait même dangereuse par les grands vents du Nord-Ouest, à cause de son orientation dans cette direction.

Il nous a semblé que dépenser 80 millions pour ne pas donner ce que la navigation réclame aujourd'hui partout, ce serait résoudre le problème d'une manière insuffisante, d'autant plus que ce projet n'offre que des aménagements réduits, puisqu'il ne peut livrer à la navigation que 2,000 mètres de nouveaux quais, qu'il ne donne qu'une seule entrée, et si, comme cela vient de se produire à Dieppe, un navire échouait dans la passe, le port serait bouché pour quelques jours.

Enfin, le port actuel, suffisant pour une navigation de 3,000,000 de tonneaux et pour des navires calant $7^{m},40$, se trouve déjà insuffisant pour une navigation de 4,500,000 tonneaux et des navires calant 8 mètres et plus.

Si le tonnage du Havre doublait d'importance et arrivait au chiffre d'Anvers, l'entrée nouvelle serait insuffisante.

A cette insuffisance, il n'y aurait aucun remède, puisque la nouvelle entrée donnant accès à un grand couloir, on retomberait fatalement dans les inconvénients d'aujourd'hui.

A quoi bon faire de si grandes dépenses pour arriver à un résultat si précaire?

Avant de passer en revue les divers projets qui peuvent donner satisfaction complète au programme posé, il nous a paru néces-

saire d'examiner les phénomènes particuliers qui se produisent dans la Manche, le régime des courants de flot et de jusant, le rôle que peuvent jouer les vents et la marée sur l'estuaire de la Seine et sur les fonds qui avoisinent le port du Havre ; en un mot, l'histoire physique de la Manche et de la baie de Seine.

2° RÉGIME PARTICULIER DE LA MANCHE ET DE LA BAIE DE LA SEINE

Il est actuellement bien établi et reconnu que l'onde marée, c'est-à-dire le flot, se propage dans la Manche et le Pas-de-Calais, de l'océan Atlantique vers la mer du Nord, ou de l'Ouest à l'Est, mais qu'en même temps une ramification de l'onde marée, après avoir contourné les Iles Britanniques, arrive dans la mer du Nord en se dirigeant vers le Sud-Ouest, c'est-à-dire vers le Pas-de-Calais. De sorte que le phénomène de la marée, dans la Manche et le Pas-de-Calais, est dû à l'interférence des deux ondes opposées et inégales, comme l'a exposé pour la première fois M. Keller, ingénieur hydrographe de la marine.

La carte des courants de marée dans la Manche et le Pas-de-Calais montre bien que les choses se passent réellement ainsi et elle fait voir de plus que ces deux courants opposés et inégaux se rencontrent au Nord du Pas-de-Calais, en face de l'estuaire de la Tamise.

L'examen des courants, les observations de MM. Plocq, Meunier et Keller, font voir que les transports de sables, de matières flottantes, se font toutes de l'Ouest à l'Est. Traversant la Manche, tous ces produits viennent se déposer dans la mer du Nord, sur les côtes de la Belgique, de la Hollande et à l'embouchure de la Tamise.

Ainsi la comparaison des analyses des sables des bancs de la mer du Nord et des sables de la baie de Seine et de son estuaire, met aussi en évidence les transports de matières en suspension dans l'eau de la mer vers le Pas-de-Calais.

Il résulte de cette comparaison que *les sables des bancs de la mer du Nord ont la même composition chimique* que les vases et sables de la baie de Seine et de son estuaire, à part les matières solubles qui se sont dissoutes dans l'eau de la mer au moment de leur mise en suspension dans cette eau.

Les observations relatives à la marche des corps flottants, des goëmons transportés des côtes de Bretagne, dans la mer du Nord ; les immenses plages de sables de la Tamise, de la Hollande et de la Belgique, montrent bien cet effet général. — Quant à la baie de Seine, on voit par les cartes mises sous les yeux de la Société et les profils en travers qu'il n'existe pas de bancs comme dans la mer du Nord. — La pente générale de la plage est dirigée vers le fond de la Manche, la pente est continue.

Elle explique les transports des détritus pris aux bancs de Trouville et de la Seine et emportés par le grand courant de la Manche. Il y a là une sorte de grand injecteur où la vase qui est poussée dans la Manche est entraînée au loin. Comment expliquer autrement que, depuis 10.000 années peut-être, avec des transports de millions de mètres enlevés aux côtes, l'estuaire de la Seine ne soit pas encore encombré.

Il y a là une action puissante de transport qui est manifeste, que ne peuvent détruire toutes les suppositions et *qui met à néant les craintes d'envasement du Havre*.

Ce régime particulier de la Manche permet aussi de répondre aux objections faites par la Chambre de commerce du Havre qui comparait la Seine à l'Adour.

En outre de l'opinion de M. Doyat, qui pense qu'il n'y a pas la moindre analogie possible entre la Seine et l'Adour, nous sommes convaincus aussi que cette analogie ne peut exister.

En effet, l'Adour débouche à l'extrémité d'une côte rectiligne de 60 lieues d'étendue, le long de laquelle des masses énormes de sable sont animées d'un mouvement alternatif du Nord au Sud et du Sud au Nord, sans être jamais poussées dans une direction fixe et constante, puisque ce sont les vents (cause essentiellement variable) qui déterminent leurs mouvements, les courants de flot et de jusant agissant toujours à peu près perpendiculairement au rivage et ayant peu d'action sur ces sables.

De plus, l'Adour a un débit trop faible et un lit trop étroit pour pouvoir faire des chasses efficaces à son embouchure, comme le fait la Gironde, dont le débit est bien plus considérable et dont l'embouchure est garantie des vents du Nord et du Nord-Ouest, par la pointe de la Coubre.

3° ÉTAT ACTUEL DE L'ESTUAIRE DE LA SEINE

La Seine débouche dans la mer par un véritable delta de vase et de sable, au milieu duquel le chenal principal se déplace à intervalles plus ou moins irréguliers et qui rend l'entrée de la Seine impossible pendant les marées de nuit.

Tantôt le débouché principal correspond à la passe du centre, tantôt il correspond à la passe du Nord.

Mais, à côté de la passe principale, il y a toujours plusieurs passes secondaires par lesquelles les eaux s'écoulent à la mer.

Pour le remplissage de l'estuaire, l'effet contraire se produit, la mer rentre par la passe du Nord, par la passe du centre et par la passe du Sud.

Tantôt, c'est dans la passe Nord que le chenal principal se dirige, tantôt c'est vers la passe du centre.

Mais toujours et cela sans exception, et c'est à retenir, les eaux de la Seine s'écoulent à la mer par trois passes, le flot rentre en Seine également par ces trois mêmes passes.

A l'arrivée du flot, l'effet produit par ses trois chenaux et les trois courants qui y prennent naissance, c'est de former devant l'entrée des digues des courants traversiers et des tourbillons qui expliquent la formation du banc dit du Grestain, ainsi que l'on peut le voir sur les cartes de l'estuaire de la Seine. Ces courants traversiers et ces tourbillons passant devant l'entrée des digues arrêtent l'eau.

Sous l'influence du barrage causé par ces tourbillons, l'eau gonfle, le niveau s'élève et, rompant tous les obstacles, se précipite avec une grande vitesse dans les digues. Ce qui contribue aussi à rendre le mascaret plus violent et à donner aux courbes de marée des formes défectueuses, *ce sont les fonds durs en roches de Tancarville — le banc de la Vacquerie* et *le banc des Moules* qui forment seuils — et produisent le mascaret. Cet effet est d'ailleurs très bien indiqué par des sondages faits sur la Seine, pour l'étude d'un tunnel qui doit réunir les deux rives, et qui ont montré l'existence de ces fonds durs qui sont un obstacle à la rentrée du flot.

C'est, à notre avis, le principal obstacle à sa propagation facile et

c'est par le creusement que l'on arrivera à atténuer les inconvénients remarqués aujourd'hui sur la rentrée difficile du flot dans la Seine, bien plus qu'au faible écartement des digues; la division en trois branches du filet liquide s'échappant de la Seine réduit assez la puissance vive du jusant pour que la masse restant la même, la vitesse diminue dans chaque chenal. De telle manière que la puissance vive, très forte à la sortie des digues à cause de la valeur du terme V — qui exerce une action égale à son carré, s'atténue tout à coup, et que le courant de jusant n'a plus qu'une influence insignifiante dans chacun des trois chenaux par lesquels la Seine s'écoule à la mer.

Réunir en un seul faisceau tous les filets liquides s'échappant des digues dans l'estuaire, les faire converger en un point unique, d'où la masse d'eau animée de la plus grande vitesse viendra déboucher dans la mer et creuser un chenal profond à l'entrée de la Seine : voilà la solution à chercher.

Ce problème, dont nous demandons la solution pour la Seine, c'est ce que les ingénieurs hollandais se sont toujours proposé d'obtenir dans leurs rivières à marée ; l'avis de ces ingénieurs, dont la compétence est si grande, se trouve d'ailleurs confirmée par le succès qu'ils ont obtenu dans l'Escaut où, en fermant complètement l'Escaut oriental, c'est-à-dire en empêchant les courants de suivre deux directions, ils ont obtenu des profondeurs à Flessingue qui vont jusqu'à 20 mètres à mer basse (1).

Mais alors il se pose une nouvelle question, quelle passe faut-il choisir?

Nous n'hésitons pas à dire que la passe à choisir est celle qui s'éloigne le plus du grand banc sous-marin et mobile qui s'appuie sur la côte de Trouville et que l'on désigne sous le nom de banc de Seine.

Ce choix, nous le justifions par deux raisons : la première, c'est que le chenal à créer ne doit pas déplacer les dépôts du banc de Seine de la position que l'effet du flot, l'effet des vagues, l'effet des grands vents, et enfin le gisement de la côte lui ont donnée.

La seconde raison, c'est que l'entrée des premières eaux du flot en Seine sont des eaux venant du Nord, que ces eaux, qui ont le

(1) Voir annexe n° 2 (page 52) : Rapport de la Commission hollandaise et belge nommée pour examiner la question de fermeture du bras de l'Escaut Oriental.

plus d'action sur le fond, à cause de leur densité plus grande, sont des eaux claires qui viendront le balayer et enlever les parties mobiles qui pourraient y avoir été entraînées, car il est bon de rappeler ici une autre observation des ingénieurs hollandais, c'est que, par l'effet *des différences de densité des eaux de mer* et des *eaux douces du jusant*, les eaux de mer *se glissent sous les eaux douces* et forment comme un coin sous-marin pour pénétrer dans l'estuaire.

La masse d'eau empruntée au premier flot, le plus clair, est donc une circonstance favorable qu'il ne faut pas laisser de côté.

Si, par suite des courants littoraux venant du Calvados, des eaux plus chargées entrent un peu plus tard dans le fleuve, ces eaux mélangées avec la masse d'eau claire déjà entrée par le même chenal ne pourront produire aucun dépôt sur le fond du chenal.

Il est aussi bien certain que si on fermait la passe Sud qui amène les apports littoraux dans l'estuaire, la quantité de vase apportée dans la Seine sera extrêmement affaiblie, que de grandes profondeurs permanentes seront conservées dans le nouvel estuaire reconstitué et qu'il se produira là ce qui se passe dans l'Escaut maritime où des approfondissements continuels ont été observés ; car, ainsi que le font remarquer les ingénieurs hollandais (voir annexes n° 2), page 406, il y a toujours en définitive comme moyenne annuelle, gain du jusant sur le flot, dans l'effet des eaux d'un fleuve à marée, sur les fonds des chenaux de l'estuaire. Il est donc évident qu'il y aura ainsi une action permanente concentrée, énergique, sur la seule passe existante et création de fonds considérables qui ne seront limités que par la résistance du fond.

Enfin, on aura créé à partir de Trouville une plage circulaire où viendront se concentrer les actions du flot et des grandes vagues produites sur les fonds du banc de Seine.

Le retroussement de ces bancs ne pourra affecter l'estuaire et l'action de trituration des matières enlevées du banc de Seine sera activée par le gisement de ce nouvel estran, exposé plus qu'un autre aux fureurs des grandes mers du Nord-Ouest. Puis, le courant puissant du jusant viendra prendre ces matières pour les entraîner dans les grands fonds, d'où le courant général de la Manche se charge de les transporter dans la mer du Nord.

Car, et c'est ici qu'il nous semble opportun de le signaler, *sur*

le vaste cirque formé par les côtes du Calvados, le gisement de la plage empêche les sables de voyager le long des rivages, les sables se cantonnent là où ils sont créés et poussés par la mer, car cette côte est à l'abri des vents qui pourraient les faire cheminer. C'est ce qui s'explique pourquoi la tangue de la baie d'Isigny est confinée dans cette baie, les vases de Port-en-Bessin à Port-en-Bessin, les sables de l'Orne, à l'embouchure de ce fleuve, les sables de Trouville, restent à Trouville et à Deauville, et ne viennent jamais au Havre.

Un examen attentif de la carte de la baie de Seine nous fait au contraire remarquer que c'est à la forme particulière des côtes Nord de la baie de Seine et à son gisement qu'est due la vigueur des courants qui creusent les fonds de la petite rade du Havre.

Le défilement de la grande falaise d'Antifer à la Hève fait glisser les vagues poussées par les grands vents du Nord-Ouest avec une grande facilité devant le port en le balayant et en y empêchant tout dépôt.

1° EXAMEN ET COMPARAISON DES DIVERS PROJETS PROPOSÉS POUR L'AMÉLIORATION DU PORT DU HAVRE ET DE LA SEINE MARITIME

Ces projets peuvent se diviser en deux catégories très distinctes :

Dans la première, on doit placer les projets de MM. Vauthier, Lavoinne et Hersent, dont le trait caractéristique est l'évasement progressif des digues depuis Tancarville, jusque sous le méridien du Havre, c'est le système des embouchures évasées.

Dans la deuxième catégorie, reste seul le projet de M. Partiot, dont la caractéristique est la fermeture de l'estuaire par un barrage artificiel et par la création d'un goulet sur les jetées même de ce port. C'est le système des embouchures avec goulet.

Examinons d'abord la première catégorie de projets et commençons par celui de M. Vauthier.

Dans son projet, M. Vauthier demande que la distance entre les digues aille en augmentant constamment d'un point situé vers

Quillebœuf ou Tancarville jusqu'en face du Havre, la digue Sud s'arrêtant à la jetée de Honfleur et celle du Nord rejoignant la digue Saint-Jean, une portion de digue serait de plus construite sur le banc du Ratier.

M. Vauthier explique qu'avec cette disposition la masse d'eau qui entre en Seine au moment du flot serait plus grande et remonterait plus facilement dans tout le fleuve jusqu'à Rouen. Il espère de plus abaisser encore le plan du niveau des basses mers à Rouen de 1m 20 environ et il estime à 29,000,000 de mètres cubes la masse d'eau que recevrait en plus la Seine, par suite de l'abaissement de ce niveau.

Le volume d'eau débité ainsi pendant le jusant serait accru d'une certaine quantité et M. Vauthier espère que cet accroissement de volume serait suffisant pour creuser assez profondément le chenal de l'estuaire et donner un tirant d'eau de 7m 30 au-dessous du niveau des hautes mers de morte eau sur tout le parcours de la Seine entre le Havre et Rouen, en draguant au besoin quelques seuils en amont de Quillebœuf.

Le projet de M. Lavoinne offre assez de ressemblance avec celui de M. Vauthier ; toujours un élargissement progressif des digues, de Tancarville au Havre. Mais M. Lavoinne était d'avis de ne réserver que deux des trois passes qui existent en face du Havre et de barrer celle de Villerville par laquelle entre dans l'estuaire le courant du Calvados qui est le plus chargé d'alluvions.

M. Lavoinne espérait, comme M. Vauthier, faciliter ainsi l'entrée du flot en Seine et obtenir, de ce chef, un surhaussement dans le profil de l'eau vers Tancarville.

D'ailleurs, il comptait aussi, comme M. Vauthier, supprimer les effets désastreux du mascaret, en l'empêchant de se former, grâce à l'entrée plus régulière du flot dans la Seine.

Enfin, le projet de M. Hersent, qui semble être un mélange des deux précédents, conserve deux chenaux, en construisant sur le banc du Ratier une digue qui provoquerait des atterrissements et en formerait un îlot.

De plus, M. Hersent rattache la digue du Nord à la digue de couverture de la rade du Havre et il indique l'emplacement d'un bassin en eau profonde et de plusieurs bassins à flot que l'on construirait en empiétant sur la mer.

A notre avis, les trois projets en forme de trompe, s'ils permettent l'entrée du flot, ont l'inconvénient très grave de laisser se former une barre dans le chenal.

C'est un fait certain et qui se produit dans toutes les embouchures évasées. Il n'y a pas une seule exception à la règle.

La Tamise, qui est parcourue par un courant de flot énorme, a une barre, tandis que la rivière de Made-Way, à l'embouchure de la Tamise, où est l'arsenal de Scherness, n'en a pas, parce qu'il y a un rétrécissement à l'embouchure.

Le problème nous paraît donc avoir été posé par les auteurs des projets, à forme évasée, à l'opposé de ce qu'il doit être. Il faut, à notre avis, forcer la Seine à sortir en un point le plus éloigné de celui où se cantonnent les atterrissements, c'est-à-dire du banc de Seine, laisser ces atterrissements exposés au choc des grandes lames du Nord-Ouest pour les triturer, les amincir et les préparer à être enlevés dans les grands fonds de la Manche par le jusant et à être transportés ensuite vers les rivages de la mer du Nord par le grand courant de flot de la Manche.

Nous sommes convaincus que tous les efforts doivent concourir à faire diriger tous les courants en un point où l'on constate un effet de creusement manifeste dans les fonds par l'existence combinée des courants et de la mer agitée par les vents, car il est une vérité indiscutable et *souvent indiquée*, dans les discussions soulevées à propos des projets du Havre, c'est que là où un courant existe et où il y a une grande agitation, tous les fonds mobiles sont arrachés et emportés.

Or, la place qui est indiquée comme remplissant cette condition, c'est la passe du Nord.

Lorsque le courant de la Seine portera au Nord, les abords du Havre seront rigoureusement balayés par le courant.

Tandis qu'au contraire, les fonds de Trouville et de Villerville forment des bancs dont l'étendue varie, mais qui se trouvent rattachés à la terre.

Placer l'entrée du fleuve sur ces bancs, c'est forcer le flot à faire entrer dans la Seine tous les produits déposés dans l'anse de Villerville et de Trouville, comme cela se produit aujourd'hui.

Fermer les deux passes de Villerville et du Centre, c'est concentrer tous les efforts de la vague du Nord-Ouest, tous les remous,

dans un espace fermé, dans un vaste cirque où les vases et les sables viendront s'accumuler jusqu'à ce que la trituration, produite par le choc des vagues, vienne permettre au jusant de les renvoyer dans les profondeurs de la mer d'où ils disparaissent par le grand courant de flot; car il est bon de rappeler ici, comme l'explique M. de Lamblardie, que le voyage des sables et des vases lourdes sur les plages ne s'effectue que sous l'influence, non pas des courants, mais du choc des lames soulevées par les vents.

Ce qui se passe depuis Antifer jusqu'à la Hève en est une preuve indiscutable. Les vents Nord-Ouest font cheminer les sables, les galets le long de la rive, les font doubler le cap de la Hève et les ramènent dans la petite rade du Havre en les faisant marcher vers la jetée du Nord.

Or, comme aujourd'hui le lestage enlève ces apports, il n'y a rien à craindre au point de vue des apports de la Hève.

Sur la grève de Trouville, le jeu des lames et du choc des vagues dans les vents du Nord-Ouest poussent les sables vers Deauville, vers l'Orne et ne peuvent les ramener vers le Havre et dans la Seine. En laissant la passe de Villerville ouverte, on permet aux lames de retrousser les vases et les sables dans cette passe, et une fois arrivés là, ils sont entraînés par le courant rapide qui se forme entre la côte et le banc du Ratier et venant tendre à combler la fosse de Villerville qui est créée par l'épanchement des eaux de la mer dans l'estuaire du fleuve.

Il est donc évident que si on dirige la Seine dans la passe Nord, on ferait, pour le Havre, une première conquête, en même temps qu'on améliorerait la Seine.

M. Partiot a recherché la cause qui fait que certaines embouchures sont bonnes et d'autres mauvaises; il a trouvé cette cause et il a songé à l'appliquer à l'embouchure de la Seine.

Cette cause est simplement l'existence d'un goulet à l'embouchure.

Nous avons voulu nous rendre compte de la règle posée et nous avons réuni certaines embouchures des fleuves sur les mers à marée dans l'Océan. (Pl. 115. Fig. 6, 7, 8, 9.)

En examinant ces embouchures, on voit que, sans exception, toutes les embouchures pourvues d'un goulet sont profondes et accessibles à marée basse, et que toutes les embouchures évasées ont une barre et ne sont pas accessibles à mer basse.

Ainsi, la Loire, la Gironde, le Tage, le Humber, le Foyle sur la côte Nord de l'Irlande, l'Escaut, la baie de Jade, où les Allemands ont construit leur nouveau port militaire de Williamhaven ; l'Elbe, la Made-Vay, où se trouve le grand arsenal de Scherness, l'entrée de la rivière de Southampton, tous ces fleuves ou ces baies ont un goulet, c'est-à-dire un rétrécissement de leur lit à l'embouchure et tous ont une entrée facile et où les profondeurs se prolongent en amont et en aval à une grande distance.

Au contraire, *la Somme, la Seine, la Mersey, la Tamise, la Meuse* et tant d'autres ont une embouchure évasée et des barres qui rendent leur accès impossible à basse mer.

La forme de l'entrée de l'Escaut, qui est le fleuve le plus accessible et le plus profond d'Europe, en est un des exemples les plus frappants. (Pl. 115. Fig. 6.)

En un mot, il n'y a pas, dans la nomenclature des embouchures que nous donnons, une seule exception à cette règle qui est absolue.

Ainsi, la Mersey, bien que Liverpool soit un des plus grands ports du monde, *a une barre* qui ne laisse à son entrée *que 2m,70 de profondeur d'eau* au-dessous du niveau des plus basses mers.

Sur la Tamise, il y a une barre à l'embouchure où la profondeur à basse mer n'excède pas 6 mètres ; les chenaux sont étroits, très sinueux, et vacillent au milieu de bancs formés dans son vaste estuaire, et ce n'est que grâce à un balisage très soigné que les navires peuvent y entrer sans trop de danger.

La barre si peu élevée de la Tamise est due à la direction *de l'entrée de la Tamise qui est dans le sens du grand courant* du flot venant de l'Est ; c'est cette situation qui explique pourquoi le flot monte dans la Tamise à un niveau si élevé à Londres, comme cela se produit dans le canal de Bristol.

Il était donc très naturel de songer à appliquer cette loi générale à l'embouchure de la Seine, en y créant artificiellement une pointe de Grave, comme à l'entrée de la Gironde, et en imitant ce que la nature a fait elle-même à l'entrée de l'Humber qui par le fait de l'existence d'un véritable môle naturel rétrécissant la passe, possède des profondeurs de 12 à 20 mètres, qui se prolongent en amont jusqu'à 25 kilomètres.

Et toutes ces embouchures sont ainsi constituées.

Un goulet, en amont du goulet, un vaste estuaire où vient s'accumuler à chaque marée une grande quantité d'eau.

L'apport de cette masse d'eau du flot *creuse un chenal toujours sinueux* qui ne se présente jamais en ligne droite, mais dont la forme est celle indiquée par M. de Lamblardie pour le remplissage des ports, et c'est pourquoi à Dieppe, au Havre et à Fécamp les chenaux sont en courbes.

Jamais le chenal de flot ne *vient en ligne droite.*

Au jusant, cette même quantité d'eau entrée, ajoutée à l'eau du fleuve, vient régulariser ce que le flot a creusé.

De sorte qu'en prenant une image qui paraît exacte, le flot poussé par les grands vents avec ses vagues puissantes, fait sur les fonds l'effet d'une puissante charrue, en y creusant un sillon dont le jusant vient régler les contours irréguliers.

Cette action agissant toujours au même point, on comprend facilement l'existence de grandes profondeurs dans les embouchures uniques.

Ainsi, dans la Gironde, le chenal profond s'étend jusqu'à 25 kilomètres dn goulet; dans l'Escaut, à 14 kilomètres; dans la Loire, à 6 kilomètres; et pour le Tage, à 12 kilomètres; à Southampton, à 10 kilomètres; à l'Humber, à 20 kilomètres.

Or, la courbe des fonds de 10 mètres n'étant qu'à 4 kilomètres des jetées du Havre, le nouveau chenal l'atteindrait facilement, et l'on peut affirmer sans crainte que, dans la Seine, sous le Havre, on aurait un chenal avec au moins 10 mètres d'eau au-dessous des plus basses mers.

On a fait alors l'objection suivante : la constitution géologique du fond de l'estuaire et de la rade du Havre permet-elle cet approfondissement?

Nous répondrons formellement oui!

L'opinion de tous est que nous trouverons des fonds affouillables de 7 à 8 mètres au-dessous des basses mers. M. Vauthier, M. Delesse, ingénieur des Mines, M. Armand Fortin, ingénieur des Ponts et Chaussées, sont unanimes sur ce point.

Pour créer un goulet devant le Havre, on ferme par un môle une portion de l'embouchure, dans la partie correspondante aux passes du centre et du Sud.

Ce môle part de la pointe de Villerville en se dirigeant en

droite ligne sur le banc d'Amfard, après avoir passé sur celui du Ratier, et s'infléchirait vers l'Ouest, de façon à laisser un chenal de 2,000 mètres environ de largeur entre son extrémité et les jetées du Havre. (Pl. 114. Fig. 1).

Cette largeur de 2,000 mètres a été déduite du calcul par M. Partiot, en supposant dans le goulet une profondeur de 10 mètres au-dessous des basses mers et une vitesse moyenne de $1^{m},20$ à $0^{m},76$ pour le flot et de $1^{m},00$ à $0^{m},64$ pour le jusant en vive et en morte eau.

Ces vitesses moyennes supposent une vitesse, à la surface maximum, de $1^{m},50$ qui est celle du flot en vive eau, en face des jetées du Havre.

Pour relier le lit actuel de la Seine au goulet ainsi créé devant le Havre, M. Partiot prolonge les digues depuis l'embouchure de la Risle jusque sous les jetées de Honfleur, la digue Nord étant prolongée de 800 mètres environ dans la direction du Havre.

Et entre ces digues et le goulet, une vaste baie intérieure de 6, à 7,000 hectares, parfaitement abritée des vents du Nord et Nord-Ouest en particulier et présentant une rade de 2,000 hectares ayant des profondeurs de 10 mètres et plus au-dessous des basses mers, c'est-à-dire accessible à tous les navires et même à toute une flotte (1).

M. Partiot donne aux digues devant Honfleur un écartement de 600 mètres en conservant la règle de l'élargissement de 10 mètres par kilomètre que l'on a appliquée à la construction en amont.

Nous avons pensé devoir donner une idée de la chasse produite par le projet de M. Partiot, chasse dont la puissance suffira à conserver un chenal profond.

Ainsi, en calculant le cube de baie intérieure, telle que la suppose M. Partiot, on voit que, entre le niveau de haute et basse mer, elle est susceptible de recevoir environ

600,000,000^{ms} en vive eau

et 200,000,000^{ms} en morte eau.

En prenant, d'après les nombres donnés dans le rapport de M. Vauthier, pour le volume d'eau refoulée en amont de la Risle,

80,000,000 en vive eau,

20,000,000 en morte eau,

(1) Voir annexe n° 1, page 371, le détail du projet de M. Partiot.

et en supposant à la Seine un débit moyen de 20,000,000 de mètres par marée (chiffre trouvé à Saint-Aubin), on voit que le volume d'eau qui s'écoulera en une marée devant le port du Havre sera de plus de

700,000,000^{m} en vive eau,
240,000,000^{ms} en morte eau,

soit un volume par mètre de largeur du goulet :

de 200.000^{ms} en vive eau,
et 140.000^{ms} en morte eau.

Or, d'après M. Estignard, le volume d'eau qui s'écoule au jusant en face le port du Havre, dans l'état actuel des choses, est

de 690.000.000^{ms}.

soit pour une largeur de 0 kilomètres, un débit par mètre de largeur

de 76.000^{ms}.

Ces chiffres donnent une idée de la chasse puissante qui s'effectuera à chaque marée devant le Havre et garantissent l'entretien des grandes profondeurs que le goulet aura créées.

Nous croyons avoir suffisamment montré que les travaux proposés, d'une part, empêcheront l'invasion de l'estuaire par les alluvions, et d'autre part, que le courant de jusant sera assez puissant pour enlever et chasser la quantité très faible d'alluvions qui pourrait entrer par le goulet, et qu'enfin, la baie intérieure ne se comblera pas.

INTÉRIEUR DE L'ESTUAIRE

M. Partiot propose de prolonger les digues de la Seine de Berville à Honfleur, en leur conservant l'évasement de 10 mètres par kilomètre, adopté pour les parties déjà construites. Les raisons qu'il donne à l'appui de son projet sont très vivement combattues par les autres ingénieurs qui se sont occupés de la Seine.

Nous pensons qu'il convient de limiter pour le moment le travail au prolongement de la digue Sud jusque devant Honfleur. En effet, la création du môle, en provoquant l'approfondissement de

l'estuaire, va modifier profondément le régime des marées, et amener une avance très notable dans l'arrivée du flot à Quillebœuf (1) ; il y aura donc diminution probable de la pente d'aval vers l'amont à marée montante, amélioration dans l'introduction de l'eau et atténuation du mascaret. Nous proposons donc d'attendre la constatation de l'effet produit pour régler l'écartement des digues entre Berville et Quillebœuf.

Nous espérons qu'il ne sera pas besoin de prolonger la digue Nord; en effet, le chenal sera fixé sur la côte Sud, le long d'une digue insubmersible, où il tendra à s'appliquer par l'effet de la force centrifuge, et parce qu'en raison de son profil transversal incliné à 45° sur l'horizon, il trouvera une résistance moindre que sur la plage inclinée du Nord. De Honfleur à l'extrémité du môle, l'action des courants suffira pour fixer la direction du chenal; en effet, la fermeture des passes empêchant les courants de venir se heurter dans des directions opposées et supprimant les apports qu'ils charriaient, ils auront une tendance à suivre le thalweg qu'ils se seront tracé, et le chenal ne sera plus soumis à d'autres influences perturbatrices que celles des vents et des crues de la Seine, qui ne sont pas suffisantes pour amener des variations bien sensibles.

Nous avons cru cependant, dans le cas où les courbures du chenal seraient gênantes pour la navigation, indiquer le prolongement éventuel de la digue Sud jusqu'à l'extrémité du môle.

(1) VITESSE DE PROPAGATION DANS LA SEINE

	VITESSE			DURÉE		
	Actuelle	Probable	KIL.	Actuelle	Probable	GAIN
	—	—	—	—	—	—
Le Havre....						
	3	7	10	3,333″	1,420″	1,913″ = 32′
La Risle.....						
	5.3	6	8	1,510″	1,330″	180″ = 3′
Tancarville...						
	2.7	6	6	1,620″	1,000″	620″ = 10′
Quillebœuf ..						
	7.3	7.3	89			
Rouen.....						
				6,463″	3,750″	2,713″ = 45′

1 k. = 60′ × 60″ = 3,600″ — 2,713″ = 45′

Comme le montre le tableau ci-dessus, il est permis d'espérer que l'onde, ne rencontrant plus de hauts fonds, prendra la vitesse qu'elle a atteinte dans les profondeurs de 8 à 10 mètres, c'est-à-dire 6 mètres; elle arrivera, dans 45′, en avance à Quillebœuf, sur l'heure actuelle.

Ces ouvrages seraient complétés par une portion de digue construite sur les hauts de la rade, destinée à couvrir l'entrée actuelle du Havre de la houle de N.-O., que l'on pourrait orienter dès à présent en vue du prolongement éventuel du môle jusqu'à la Hève.

6° CRÉATION AU HAVRE D'UNE ENTRÉE SUR LA SEINE

Nous avons vu comment les travaux que nous proposons auront pour effet de fixer définitivement le lit de la Seine sous les jetées mêmes du Havre.

Nous allons montrer combien le Havre aura à profiter de cette modification apportée à l'estuaire.

Il est reconnu que les bassins actuels sont insuffisants et surtout mal disposés pour permettre l'accès facile des trains venant sur les quais. C'est ce qui explique toutes les propositions faites pour construire de nouveaux bassins, soit dans la plaine de l'Eure, soit en les avançant dans la mer avec un bassin en eau profonde.

Tous ces projets ont l'inconvénient de porter un remède insuffisant à l'état actuel ou celui d'entraîner à d'énormes dépenses par suite de constructions dans la mer, tandis que, dans notre projet, nous amenons les grandes profondeurs contre la rive de la plaine de l'Eure et nous pouvons, en faisant une deuxième entrée dans cette plaine, avoir un bassin en eau profonde dans l'intérieur même des terres. Ce bassin, accessible à toute heure de marée, sera relié aux bassins existants par le neuvième bassin en construction et donnera accès à un vaste bassin, divisé en darses obliques, avec docks, où les trains pourront circuler facilement.

Cette seconde entrée sera surtout fréquentée par les navires à vapeur, à cause de leur facilité d'évolutions, et l'ancienne entrée restera pour la navigation à voile.

On imitera ainsi Flessingue qui possède quatre entrées, ce qui, d'ailleurs, est un grand avantage pour la facilité des entrées et des sorties au moment de la pleine mer.

Ainsi, le Havre, tout en restant essentiellement port de mer,

deviendra aussi en quelque sorte un port fluvial et participera à la fois aux avantages particuliers à chacun de ces deux genres de ports.

ENTRÉE ACTUELLE DU HAVRE

Quant à l'entrée actuelle du Havre, elle pourra être creusée, j'en ai pour preuve les travaux faits au port de Swansea où une profondeur de 40 pieds (12 mètres) à basse mer a été obtenue; les mêmes résultats ont été obtenus sur la Tyne également. Il sera donc facile d'approfondir l'entrée actuelle du Havre par des dragages, et toutes les objections qui ont été produites sont réduites à néant par les faits constatés en Angleterre.

En résumé, après l'examen des divers projets proposés et des phénomènes qui se produisent dans la baie et dans l'estuaire, dont la description détaillée pourrait entraîner à des développements que ne peut comporter un simple exposé des faits, parmi lesquels nous avons cherché à rappeler les principaux, en donnant des explications sur les faits qui ne paraissent pas arrêtés, nous croyons devoir arriver aux conclusions suivantes :

Pour améliorer les accès du port du Havre et de l'estuaire de la Seine, il convient de procéder avec méthode. Ce qui n'a jamais été fait jusqu'à présent.

Si le projet de M. Partiot présente d'énormes avantages, certains détails de son projet pourraient être laissés à l'avenir; mais la partie essentielle devrait être adoptée. (Pl. 114. Fig. 1.)

En conséquence, nous proposons :

1° D'établir en premier lieu le môle qui porterait le débouché de la Seine sur la passe du Nord et de poursuivre les travaux de la manière suivante; (Pl. 114. Fig. 1.)

2° L'exécution de la digue Sud jusqu'à Honfleur; (Pl. 1. Fig. 1.)

3° Éventuellement, l'élargissement des digues depuis Tancarville, lorsqu'on aurait constaté l'effet produit par la construction du môle;

4° Abaissement des seuils de Tancarville, de la Vacquerie et des Meules, pour faire pénétrer le flot à l'amont; (Pl. 115.)

5° Construction près le port du Havre d'une nouvelle entrée sur la Seine, telle au surplus qu'elle est indiquée sur la Pl. 114;

6° Creusement de la passe Sud-Ouest du Havre;

7° Éventuellement, construction d'une digue sur l'Eclat, pour protéger l'entrée du Havre contre les vents du Nord-Ouest.

Ces divers projets, dont l'évaluation ne dépasserait pas 100,000,000 francs (1), donneraient des satisfactions complètes et répondraient au programme d'ensemble posé par la Commission des voies navigables à la Chambre des députés.

En agissant ainsi, on donnerait au commerce de la France et à la marine militaire toutes les satisfactions légitimes et nécessaires qu'exigent et notre fortune commerciale et notre puissance maritime.

J'ai terminé l'exposé de ce qui nous paraît devoir être fait pour donner à Rouen, au Havre et à la Seine maritime ce que réclame impérieusement la France de l'Ouest, c'est-à-dire un établissement maritime incomparable aux portes de Paris, capable de lutter avec ses rivaux étrangers.

L'entreprise est difficile.

Est-elle au-dessus de nos forces?

Nous ne le croyons pas.

En assistant, il y a quelques mois, à un meeting à Manchester où on votait d'acclamation l'exécution du canal maritime devant coûter 180 millions; en assistant, il y a quelques jours, au départ de M. de Lesseps pour Panama, qu'il veut terminer en 1889, je puis me permettre de croire que nous saurons donner aux ports de la Seine les aménagements dont ils ont besoin.

(1) Sans entrer dans le détail des dépenses du port du Havre, ce que le temps ne nous permettait pas de faire, nous l'avons évalué par comparaison avec des travaux analogues.

On arrive ainsi aux résultats suivants :

1° Construction du môle	40.000 000 fr.	
Prolongement de la digue Sud, dragage dans la Seine	7.000.000	
Installation du lazaret sur le musoir d'Amfard, divers	2.000.000	
Entrée de Honfleur	1.000.000	
Travaux de l'amélioration de l'estuaire		50.000.000 fr.
2° Nouvelle entrée et agrandissement du port du Havre		50.000.000
3° Établissements militaires à Honfleur et sur le môle		Mémoire.
Total		100.000.000 fr.

Je vous avais parlé, il y a quatre années, de l'établissement maritime que forme la Seine maritime et le port du Havre.

J'appelais votre attention sur l'importance des améliorations à faire sur la Seine maritime et à l'entrée du port du Havre. On n'a rien fait encore.

De graves événements se sont produits depuis; les projets prévus ont été repoussés par une commission parlementaire et la question a été soumise par le Ministre à une commission technique composée d'inspecteurs généraux du corps des Ponts et Chaussées, de capitaines de vaisseau et d'ingénieurs hydrographes.

La commission a pour mission d'arrêter le programme d'un projet donnant satisfaction à tous les grands intérêts engagés, car, indépendamment de l'intérêt général qui domine la question, il y a encore l'intérêt des villes du Havre, de Rouen et de Honfleur et aussi de la ville de Paris, dont ces trois ports forment pour ainsi dire la banlieue maritime.

La commission parlementaire, appelée à se prononcer sur le premier projet, a posé en termes précis le problème à résoudre et qu'elle a résumé ainsi :

1° Approfondissement de l'entrée actuelle par des dragages.

2° Création d'une digue sur l'Éclat.

3° Projet d'amélioration de la Seine dans son estuaire.

Ce travail d'ensemble doit nécessiter une dépense de 100 millions qui n'est pas hors de proportion avec le but à atteindre.

Avant de terminer, il est un point particulier sur lequel j'appelle votre attention.

Depuis 50 ans, le Gouvernement cherche une solution, mais jusqu'à présent il n'a pu réussir à faire aboutir une œuvre d'ensemble, malgré les projets de M. Frissard en 1832, projets rappelés en 1844 par Arago.

Les travaux ont été commencés en 1850, les digues ont été achevées en 1863, mais depuis on n'a rien fait, on n'a pas osé prendre de décision pour l'estuaire, on n'a pas pu se mettre d'accord pour un projet digne de Paris, digne de la France.

Or, permettez-moi de vous rappeler ce qui a été fait pour l'Escaut et qui me paraît être un enseignement à méditer.

L'Escaut, qui conduit à Anvers, débouche sur le territoire hollandais, et cependant, cela est important à constater, l'entente

la plus parfaite n'a cessé de régner entre la Belgique et la Hollande.

Le Gouvernement hollandais s'est toujours prêté à améliorer l'Escaut. L'entrée du canal de Terneuzen a été modifiée pour permettre l'arrivée à Gand des navires calant $7^{m}50$. De ce fait, Gand est devenu aujourd'hui un port important.

Ainsi, pour traverser le territoire hollandais, pour améliorer l'Escaut jusqu'à Gand, puis jusqu'à Anvers, la Belgique trouve toujours le concours de la Hollande, bien que la Hollande possède Flessingue, le plus beau port de la mer du Nord au point de vue maritime et où on entre à toute heure, lorsqu'au Havre aujourd'hui on a de la peine à entrer pendant 3 heures à chaque marée, que les projets prévus ne permettent qu'une entrée pendant 6 heures sur 12, tandis qu'il serait si facile d'obtenir au Havre, en faisant une entrée sur la Seine, un accès à toute heure de marée, comme à Flessingue.

En 1866, et cela est intéressant à noter, une commission technique composée d'ingénieurs belges et hollandais, avait été nommée pour examiner la question de la fermeture de l'*Escaut oriental.*

Cette commission n'ayant pu se mettre d'accord, le Gouvernement hollandais n'hésita pas, il décida que l'Escaut n'aurait plus qu'une ouverture sur la mer.

Depuis cette époque, l'estuaire de l'Escaut s'est grandement amélioré, les profondeurs à basse mer, à Flessingue, sont passées de 12 mètres en 1866 à 20 mètres en 1885, et le port de Flessingue, nous le répétons, est le plus beau port de l'Océan comme profondeur, et deviendra un jour fatalement le centre d'un mouvement maritime considérable, car il n'y a pas un seul port comparable ni en Angleterre, ni en Europe; Brest ne le vaut pas comme accès facile.

Je me permets donc d'espérer que le Gouvernement, soucieux de notre grandeur maritime, prendra une décision conforme aux intérêts supérieurs qui sont en jeu.

S'inspirant de l'intérêt général, il saura adopter une résolution qui s'impose au développement commercial de notre pays, en appelant à son aide, au besoin, le concours de l'initiative privée.

ANNEXE N° 1

MÉMOIRE

A

L'APPUI DU PROJET DES TRAVAUX A FAIRE

A L'EMBOUCHURE DE LA SEINE

§ Ier. — DISPOSITIONS D'ENSEMBLE DU PROJET.

Les travaux projetés consistent à prolonger les endiguements de la Seine jusqu'à Honfleur, à fermer par un môle les deux passes qui existent entre Villerville et les bancs du Ratier et d'Amfard, et à placer ainsi le Havre sur les bords d'un goulet situé entre la mer et le vaste estuaire où aboutit la Seine. Le Havre serait dans la même position que Royan en face de la pointe de Grave, Rouen verrait achever les digues de la Seine et le chenal de ce fleuve serait à jamais fixé sous les jetées de Honfleur.

Exemples de diverses embouchures. — Cet ensemble de dispositions reproduit à peu près celles de la partie extrême des rivières à marées qui ont de bonnes embouchures, telles que l'Escaut occidental, la Loire, la Gironde et le Tage. On y trouve aussi une partie rétrécie, un goulet en amont duquel est une large baie qui reçoit les eaux du fleuve. On pourrait en citer d'autres exemples (1). Examinons ceux que nous venons d'énumérer et commençons par la Gironde.

La Gironde. — La pointe de Grave constitue un épi naturel qui ferme l'embouchure de ce fleuve sur les six dixièmes et demi

(1) Le Rio Grande du Sud en Amérique et d'autres encore.

de sa largeur. Elle se compose d'une ligne droite de dunes, qui s'étend sur 7,800 mètres entre son extrémité du Nord et le vieux Soulac et dont la largeur n'excède pas de trois à quatre cents mètres en face de la plage des Huttes.

Elle est sans cesse attaquée à l'Ouest par l'Océan, tandis qu'à l'Est de grands marais se sont formés auprès d'elle, entre Soulac et le Verdun, sur près de cinq kilomètres, et sont bordés par une large barre de vase qui les sépare à basse mer de la Gironde.

De grands travaux ont été faits pour défendre contre la mer le barrage ainsi formé par les dunes, parce que, s'il était rompu, les marais de Verdun seraient enlevés, l'embouchure de la Gironde prendrait une largeur de plus de 12 kilomètres et elle serait totalement bouleversée. Tout porte à croire que, sur la Seine, un phénomène de ce genre a séparé jadis de la terre ferme les bancs du Ratier et d'Amfard et donne son relief actuel à l'embouchure de ce fleuve.

Au Nord de la pointe de Grave, entre elle et la pointe de Vallière, la largeur de la Gironde n'est que de 4,600 mètres, et sa profondeur atteint 32 mètres au-dessous du zéro des cartes marines. Cette profondeur se prolonge en longs chenaux en amont et en aval. Ils forment dans la Gironde la rade de Verdun et celle de Talmont où l'on trouve à mer basse 10 mètres d'eau sur 14 et 18 kilomètres; du côté de la mer l'affouillement se prolonge sur 25 kilomètres jusqu'à la passe du Nord où l'on n'a pas moins de 12 mètres à mer basse. Les sables de l'embouchure de la Gironde proviennent à la fois de la Garonne, de la Dordogne et de l'Océan dont les courants littoraux se dirigent vers le Nord immédiatement au Sud de la Gironde.

L'Escaut occidental. — L'Escaut occidental présente, en face de Flessingue, un rétrécissement de 4,300 mètres de large suivi vers l'amont d'un vaste estuaire de 55 kilomètres de long et d'une largeur moyenne de 5 à 6 kilomètres. Les profondeurs du goulet atteignent 27 mètres et s'étendent, avec 10 mètres au moins à mer basse, sur 20 kilomètres en amont du côté de la mer; elles se continuent jusqu'à 14 kilomètres de Flessingue.

La Loire. — La Loire n'a qu'une largeur de 2,200 mètres entre la pointe de Mindin et Saint-Nazaire et traverse obliquement le

goulet qui existe entre ces deux points. La largeur de la baie de Paimbœuf dépasse 4 kilomètres en face des prairies de Montoire. Les profondeurs données par la carte de Beautemps-Beaupré atteignaient 63 pieds (20m,45) en 1821 et deux longs chenaux se prolongeaient vers l'amont, l'un avec des profondeurs de 30 pieds sur 2,700 mètres du côté de Penhouet, et l'autre au Sud avec 20 pieds de profondeur (6m,50) sur 4,600 mètres jusqu'à l'île Saint-Nicolas. Vers l'Océan, le goulet donnait naissance à un chenal profond qui se prolongeait jusqu'à la pointe de l'Eve sur envrion 6 kilomètres.

Le Tage. — A l'embouchure du Tage, le goulet forme un détroit d'une longueur de 10 kilomètres, dont la largeur assez uniforme est d'environ 1,800 mètres en face des batteries de Belem. On y trouve des profondeurs de 22 à 39 brasses (35 à 57 mètres). La baie intérieure qui reçoit le Tage atteint une largeur de 9 kilomètres et l'on y trouve un chenal qui offre des profondeurs de 10 mètres jusqu'à 7 kilomètres du goulet. Vers la mer, le chenal se prolonge jusqu'à la barre du Sud, sur laquelle on rencontre encore 16 mètres à 12 kilomètres de l'extrémité aval du goulet.

Lois générales. — Ces faits démontrent que lorsqu'un goulet sépare une mer sujette aux marais d'une baie recevant les eaux d'un fleuve, et que les fonds sont sablonneux ou affouillables, il se produit dans le goulet de grandes profondeurs d'eau. Ces profondeurs ne disparaissent pas immédiatement en amont ou en aval, mais produisent des chenaux qui s'étendent à d'assez grandes distances de la passe.

L'étude de ces mêmes embouchures prouve aussi que les sables charriés par les fleuves ne comblent pas les baies qui précèdent leurs embouchures, qu'ils franchissent le goulet, et que les apports de la mer ne remontent pas en amont dans les baies. Celles-ci seraient, en effet, depuis longtemps comblées s'il en était autrement; tandis que les sables de la Loire forment les bancs situés à l'ouest de Saint-Nazaire, ceux qui viennent de la côte de Gascogne constituent avec ceux de la Gironde les bancs qui sont entre le phare de Cordouan et la pointe de la Coubre.

Baies fermées par un goulet. — Et ces lois ne paraissent pas limitées à l'embouchure des fleuves, elles s'appliquent à toutes les

baies à fond mobile, séparées de la mer par une étroite entrée. C'est ainsi que dans le bassin d'Arcachon, l'on trouve en amont de la passe, où il y avait 14 mètres d'eau en 1826, les rades intérieures du cap Féret et d'Arcachon, qui se prolongeaient à 5 et à 10 kilomètres du cap, tandis que les profondeurs de l'entrée s'étendaient le long de la côte en aval sur 8 kilomètres jusqu'à la barre où il y avait encore plus de 4 mètres au-dessous des plus basses mers. Là encore les sables qui sont poussés du Nord au Sud par le courant littoral et qui tendent à fermer le bassin n'y pénètrent pas par le goulet, bien qu'il ne débouche en amont aucun fleuve dont les eaux s'unissent à celles du jusant pour rejeter les sables à la mer.

Application à l'embouchure de la Seine. — D'autres exemples, tels que celui de la baie de Cadix, font aussi voir que ces lois sont générales, et comme les mêmes conditions reproduisent les mêmes effets, on peut dire que si l'on faisait artificiellement une pointe de Grave à l'embouchure de la Seine, il y aurait dans le goulet qu'on aurait ainsi produit de grandes profondeurs qui se propageraient dans des chenaux profonds sur de grandes longueurs en amont et en aval de la nouvelle passe.

Formation d'une rade entre le Havre et Honfleur. — En amont, il se formerait ainsi une longue rade entre Honfleur et le Havre.

Le nombre et la position des chenaux qui se créeraient dans la baie ne sauraient être déterminés d'avance d'une façon précise, mais on peut affirmer que l'un d'eux se dirigerait du côté de Honfleur où aboutirait la Seine et d'où proviendraient pendant le jusant les principaux courants de son embouchure. La longueur de ce chenal dépendrait de la profondeur du goulet; mais si l'on en juge par les chiffres que j'ai cités tout à l'heure, il paraît probable que les grands tirants d'eau arriveraient jusqu'à Honfleur.

Nous reviendrons sur ce point en parlant du prolongement des digues.

§ II. — DU MOLE.

Tracé du môle. — Le môle projeté s'étendrait de Villerville au banc d'Amfard et fixerait à jamais l'entrée de la Seine sous les jetées du Havre. Il serait assez long pour donner la largeur voulue au goulet et il se terminerait par une partie dirigée vers l'O.-N.-O. dans le sens des vents régnants.

Largeur du goulet. — La largeur du goulet a été calculée d'après la profondeur à obtenir dans la passe, la vitesse des eaux et le débit de la Seine et de la baie pendant le jusant.

La profondeur moyenne sur laquelle on a basé les calculs a été de 10 mètres en contre-bas du zéro des cartes marines. Elle donnerait 11 mètres environ en basse mer de vive eau et $12^{m},60$ en basse-mer de morte eau. La carte hydrographique de 1853 indique des profondeurs de 11 et 12 mètres avec un fond de sable et de vase entre le Havre et le banc d'Amfard.

Dans certaines parties du futur goulet, on trouve des pierres ou de gros galets reposant sur de l'argile.

La comparaison des deux cartes hydrographiques de 1834 et de 1853 montre que des variations très notables de hauteur ont eu lieu à environ 590 mètres au Sud des jetées du Havre, en un point où la carte de 1853 n'indique que des pierres. Il est donc certain que ces pierres sont de gros galets, et que les courants qui les ont apportés pourront aussi les entraîner un jour. La couche d'argile qui les supporte présente une très grande épaisseur : en creusant un puits artésien au Havre, la sonde est descendue dans cette couche, sans la traverser, à 208 mètres de profondeur. Le sol du goulet qu'on laisserait entre le nouveau môle et le Havre n'est donc pas de nature à résister à l'action des courants et de la drague. Il serait enlevé facilement, et la profondeur obtenue serait maintenue par les eaux.

Les affouillements produits ne sauraient, d'ailleurs, faire naître des craintes sérieuses pour les fondations des jetées du Havre. Si elles étaient attaquées, il suffirait de les défendre par des maçonneries ou par des enrochements semblables à ceux qui ont servi

à construire la digue du Sud de la Seine, entre Quillebeuf et Tancarville; la tête de cette digue, qui formait un épi en travers du chenal navigable du fleuve, a résisté à des courants d'environ 9 nœuds, sans que les pierres dont elle se compose aient été emportées.

Les vitesses moyennes qui ont servi dans les calculs ont été de $1^m,30$ et de $0^m,76$ pour le flot, et pour le jusant de 1 mètre et de $0^m,64$ en vive et en morte eau. La vitesse moyenne de $1^m,20$ pour une profondeur de 10 mètres suppose à la surface une vitesse de $1^m,50$ qui est celle du flot à mi-marée montante en face des jetées du Havre. Les vitesses moyennes diffèrent peu de celles qui ont été constatées dans la Loire, en face Saint-Nazaire; celles de vive eau sont un peu plus grandes que celles qui ont été observées à Quillebeuf, dans des circonstances analogues. On peut admettre qu'elles suffiraient pour enlever les sables et les galets de la nouvelle passe.

La quantité d'eau qui pénétrait en vive eau dans la baie de la Seine et dans ce fleuve en 1859 a été calculée d'après une marée semblable à celle qui a été observée le 18 août 1856. Elle a été trouvée de 691 millions de mètres cubes pour la baie et de 59 millions pour la Seine, en prenant la partie de la baie située à l'est du môle tel qu'il était alors projeté, c'est-à-dire tracé de Honfleur au banc du Ratier.

En tenant compte du débit moyen de la Seine à l'étiage pendant une marée, l'on a trouvé qu'il faudrait donner au goulet une largeur de 2,000 mètres. Mais, depuis 1859, les atterrissements ont beaucoup augmenté dans l'estuaire, et, bien que l'abaissement des basses mers dans la Seine ait notablement accru le volume des eaux qui y pénètrent, il nous a semblé nécessaire d'étendre l'espace où pourraient s'emmagasiner les eaux qui passeraient en face du Havre. Nous avons reporté en conséquence l'enracinement du nouveau môle à Villerville, ce qui augmenterait considérablement cet espace, bien qu'il faille prévoir vers Villerville la formation d'un banc qui se découvrirait à mer basse. Le calcul de largeur définitive du goulet devra être refait sur ces données; mais il ne peut différer beaucoup de celle de 2,000 mètres que nous avions admise.

Il résulte de l'établissement à basse mer des profondeurs indi-

quées ci-dessus dans le goulet, que l'avant-port actuel du Havre deviendrait accessible à mer basse aux plus grands navires; qu'il serait possible de construire, dans les mêmes conditions, un nouvel avant-port et une nouvelle entrée dans le quartier de l'Eure et que la ville, qui ne saurait s'étendre à l'ouest, pourrait prendre dans ce quartier tout le développement dont elle serait susceptible. Ce fait et la création d'un grand chenal et d'une rade entre le goulet et Honfleur constitueraient pour le Havre de très sérieux avantages.

Formation d'un chenal en aval du Havre. — Ainsi que nous l'avons prouvé par les exemples cités plus haut, la formation d'un goulet devant le Havre entraînerait celle d'un chenal entre cette passe et la mer. Les chenaux profonds que nous avons indiqués s'étendent à des distances de 25 kilomètres pour la Gironde, de 14 pour l'Escaut occidental, de 6 kilomètres pour la Loire et de 12 kilomètres pour le Tage. La courbe des fonds de 10 mètres n'étant qu'à 4 kilomètres de la jetée Nord du Havre, le nouveau chenal l'atteindrait aisément et l'entrée du goulet et du Havre serait toujours facile.

Mouvements des sables à l'embouchure de la Seine. — Mais examinons ce que deviendront les mouvements des sables à l'embouchure de la Seine.

Il résulte de toutes les études qui ont été faites jusqu'ici que ce fleuve ne charrie guère que des vases jusqu'à la mer et que les bancs de l'estuaire et le lit de la Seine maritime ne contiennent, en outre, que des sables marins. Ils ont été poussés par les vents et par les courants littoraux du Calvados et ceux de la Manche qui prennent au moment du flot une direction à peu près analogue de l'Ouest à l'Est. Les sables soulevés par ces courants ont été entraînés dans l'entonnoir formé par les côtes de la Seine-Inférieure et de l'Eure.

Ils s'y sont déposés vers la fin de la marée montante, lorsque les eaux perdent leur vitesse, et ils ont ainsi constitué la vaste plage inclinée qui compose l'estuaire de la Seine.

Du côté du Nord, le courant de la Hève n'entraîne que les débris des falaises situées entre ce point et le cap d'Antifer; il ne produit que le cordon littoral de galets qui longe la plage de l'Eure

et qui a formé la pointe du Hoc. Rien n'étant changé de ce côté de la baie, ces galets continueraient à arriver au Havre, mais leur quantité est peu considérable et ils sont en grande partie enlevés pour servir de lest aux navires qui fréquentent le port.

Les sables provenant des côtes du Calvados et de tous les bancs déjà formés en face d'elles et de l'embouchure de la Seine seraient arrêtés par le môle. Ils trouveraient entre son extrémité et les côtes de Trouville un vaste espace où ils ne tarderaient pas à former une plage; elle serait une défense pour le môle. Cette plage s'accroîtrait sans cesse, et si les sables dont elle serait formée menaçaient de tourner l'extrémité du môle, il serait facile de le prolonger, ce qui augmenterait dans une proportion considérable l'estuaire que l'on aurait créé.

Il n'y a d'ailleurs pas à craindre que les sables pénètrent dans le goulet et viennent combler la baie actuelle de la Seine. Les exemples que j'ai cités le démontrent clairement. Les sables charriés par la Loire ou par la Gironde n'arrêtent qu'en dehors des goulets situés à leurs embouchures, car ils auraient sans cela comblé depuis longtemps les baies qui les précèdent. On se rend, d'ailleurs, parfaitement compte que la quantité d'eau qui sort pendant le jusant étant plus forte que celle qui entre de tout le débit du fleuve pendant plus de douze heures, les eaux qui descendent vers la mer doivent avoir plus de puissance que celles qui remontent pour balayer les sables. Aussi les marins de la Seine maritime disent-ils que c'est « l'Ève qui fait le chenal », et des expériences directes faites sur la Loire, en face de Saint-Nazaire, ont-elles prouvé qu'il sort plus de sable du fleuve qu'il n'y en pénètre. La masse d'eau débitée par la Seine pendant les 12 heures 24 minutes qui constituent la durée d'une marée est en eaux moyennes du fleuve, de 2,156,000 mètres cubes.

Les courants de flot venant de la Hève et qui arrivent les premiers et presque sans apport devant le Havre maintiendraient donc les profondeurs de la petite rade, tandis que les courants de l'ouest et du nord-ouest tendraient à accumuler les sables entre Trouville et le môle, et à accroître de ce côté le banc de Seine.

Mais les sables de ce banc ne pénétreraient pas dans la baie, et l'on augmenterait facilement, s'il y avait lieu, par un prolonge-

ment du môle, l'estuaire où ils s'accumuleraient entre le Havre et Trouville.

Enfin un chenal réunirait l'entrée du Havre et de la baie aux parties profondes de la Manche qui sont voisines du Havre.

Étale de pleine mer du Havre à la baie de Vèys. — Le nouveau môle viendrait-il diminuer ou faire disparaître le long étale qui se produit en pleine mer devant ce port, et quelle action aurait-il sur les courants qui s'y succèdent?

Ces questions, qui ont fort préoccupé les ingénieurs et les marins, perdent beaucoup de leur intérêt en présence d'un projet qui permettrait aux plus grands navires d'entrer dans l'avant-port au moment des basses mers.

Elles méritent cependant d'être étudiées en raison des facilités que donne un long étale pour entrer ou sortir des bassins sans le secours des sas de demi-marée. Elles ont été en conséquence examinées avec soin.

Le nouvel état de choses modifierait évidemment les courants qui se produisent aujourd'hui sous les jetées mêmes du Havre.

Le courant de Verhaule disparaîtrait, et les eaux se dirigeraient franchement vers la baie pendant le flot et vers la mer durant le jusant; les navires viendraient se mettre à l'abri du courant près de la jetée Nord du Havre et pénétreraient aisément dans l'avant-port actuel. Si l'on faisait un second avant-port dans le quartier de l'Eure, ils y entreraient sans difficulté.

Pour se rendre un compte exact du mouvement des marées, près l'embouchure de la Seine, il était nécessaire de les observer soigneusement le long de la côte. Sur notre demande, MM. les Ingénieurs des Ponts et Chaussées chargés des services maritimes ont bien voulu faire faire de quart d'heure en quart d'heure des observations simultanées de hauteur d'eau de 5 heures du matin à 7 heures du soir, les 10 et 17 septembre 1885, sur toutes les côtes de la Manche, depuis Brest jusqu'à Dunkerque.

L'uniformité des heures qui règlent la marche des trains de chemins de fer a permis d'assurer la concordance horaire des constatations en réglant les montres des observateurs au cadran intérieur de la gare la plus voisine, et le nivellement général de la

France a donné le moyen de rapporter toutes les cotes au niveau moyen de la mer à Marseille.

Les observations ainsi faites ont donné des résultats très intéressants qui sont figurés pour la vive eau du 10 septembre (Pl. 1.) Nous n'y avons indiqué que les hauteurs d'eau relevées de Cherbourg à Saint-Valéry-en-Caux, les seules qui intéressent directement la question qui nous occupe. Les courbes qui les résument font voir qu'au Havre la mer reste pleine et conserve à peu près le même niveau pendant plus de trois heures et qu'un fait analogue se produit sur toute la côte du Calvados, jusqu'à la baie des Veys. On peut en conclure qu'un phénomène aussi général, qui se manifeste jusqu'à Port-en-Bessin, ne peut provenir de la baie de Seine et tient aux mouvements que la Manche éprouve sous l'influence des marées.

On observe ensuite que les courbes de Cherbourg et de Saint-Valéry-en-Caux sont très régulières et se rapprochent notablement d'un sinusoïde, tandis que celles des points intermédiaires sont sensiblement déformées. Les irrégularités qu'elles présentent ne peuvent tenir qu'à la forme des côtes qui entourent le vaste golfe situé entre les points extrêmes que nous venons de nommer.

Si l'on examine les courbes relevées dans ce golfe, on observe que la mer y monte beaucoup plus vite qu'à Cherbourg et à Saint-Valéry. Ainsi, tandis qu'en vive eau, vers le milieu de son ascension, elle s'élève en une heure,

A Cherbourg, de	$1^m,30$
Et à Saint-Valery-en-Caux, de	2 13

Elle monte à :

Port-en-Bessin de.	2 35
Oyestreham.	3 76
Trouville.	3 53
Au Havre	3 46

Les heures et les hauteurs des pleines mers sont à peu près les mêmes de Port-en-Bessin au Havre. Elles ont été le 10 septembre :

A Cherbourg. . .	à	8 h.	30	à la cote	$3^m,90$
A Port-en-Bessin.	à	9	20	—	4 04

A Oyestreham . .	à	9 h.	50	à la cote	4	09
A Trouville . . .	à	9	40	—	3	71
Au Havre. . . .	à	9	45	—	3	92
A Étretat. . . .	à	11	30	—	4	83
A Fécamp. . . .	à	midi		—	4	33
A Saint-Valery. .	à	11	45	—	4	81

L'étude de la configuration de la Manche paraît donner l'explication de ces phénomènes.

L'onde marée pénètre par le large espace compris entre Cherbourg et l'île de Wight, et se propage à l'est vers le Pas-de-Calais. Au delà de la pointe de Barfleur, elle trouve l'élargissement subit formé par la côte du Cotentin. Elle s'y épanouit dès qu'elle y pénètre, s'abaisse et donne naissance à une onde secondaire qui se propage vers les côtes du Calvados, vers Trouville et vers le Havre. Cette onde secondaire rencontre sur son trajet des fonds qui se relèvent et elle s'exhausse rapidement sur la côte comme les lames sur les plages inclinées, ou comme la marée elle-même dans la partie la plus éloignée des fleuves qu'elle peut atteindre. La mer doit monter plus vite dans le fond du golfe, et, comme l'exhaussement normal des eaux du large vient soutenir ensuite sa hauteur, elle la conserve jusqu'à ce que l'abaissement de la mer au large la fasse redescendre.

Il se forme donc deux ondulations, l'une résultant de l'expansion subite de la première partie de l'onde marée dans le golfe du Calvados, l'autre qui est la propagation de l'onde marée elle-même. Elles atteignent successivement la côte le 10 septembre 1885 ; l'onde secondaire et adventive a produit une pleine mer vers 9 heures 30 dans tout le fond du golfe depuis Carentan jusqu'au Havre ; la seconde, l'onde marée principale dont le sommet atteint Cherbourg à 8 heures 40 du matin et Étretat à 11 heures 30, a maintenu le plein dans tout le fond du golfe jusque vers midi et quart.

Comme nous l'avons dit plus haut, les courbes de marée ne redeviennent régulières qu'à Saint-Valéry-en-Caux ; à Etretat, on voit encore fort bien le surhaussement qui résulte de l'onde secondaire, son maximum est vers 9 heures et elle produit, dans la

première partie de la marée, un exhaussement plus rapide qui, le 10 septembre, a atteint $2^m,40$ entre 7 heures 30 et 8 heures 30.

Les deux ondes se voient aussi très bien sur la Seine où elles se propagent à de grandes distances de la mer. L'onde secondaire donne à Honfleur la pleine mer à 9 heures 30 et l'onde principale un second maximum à midi, et comme elles rencontrent les bans de l'estuaire et les obstacles que présente le fleuve, elles se séparent et donnent lieu à Quillebœuf, dans chaque marée, à deux périodes de flot et à deux périodes de jusant.

A Carentan, au fond de la baie des Veys, les deux ondulations se distinguent aussi parfaitement l'une de l'autre.

Il est donc certain, que la durée de l'étale au Havre et sur la côte du Calvados est entièrement due à un phénomène exclusivement marin et, que l'exécution d'un môle à l'embouchure de la Seine, ne ferait pas plus disparaître ce phénomène au Havre qu'à Oyestreham ou à Port-en-Bessin.

On peut seulement remarquer que le niveau du plein n'a atteint que l'altitude de $3^m,71$ à Trouville et de $3^m,92$ au Havre, tandis qu'il s'est élevé à environ $4^m,10$ sur la côte du Calvados, différence qui peut être attribuée à l'expansion des eaux dans la baie de la Seine; le môle pourrait donc avoir pour effet d'exhausser un peu le niveau des pleines mers au Havre et à Trouville. La hauteur du plein à Étretat, près du cap d'Antifer, plus grande qu'au Havre et à Fécamp, tient à ce que l'onde marée arrive plus directement sur ce cap où les courants et la marche des galets se divisent vers le Havre et vers Saint-Valéry-en-Caux.

Courants à l'embouchure de la Seine. — Si l'on superpose les courbes de marées depuis Cherbourg jusqu'à Saint-Valéry-en-Caux, l'on remarque que chaque ordonnée verticale fournit un profil en long de la mer auprès de la côte à l'heure correspondant à l'ordonnée qu'on a choisie ; l'intervalle entre deux courbes donne la différence de hauteur des eaux dans les deux stations auxquelles elles se rapportent, ainsi que la pente qui s'établit entre ces deux points. On voit ainsi que, le 10 septembre 1885, il s'est produit au commencement de la marée un mouvement de Port-en-Bessin vers Trouville ou de l'ouest à l'est, devant la côte du Calvados, et que ce courant littoral n'a cessé que vers 11 heures

ou à peu près. A la basse mer du soir, on voit que la marée montante est plus haute à Étretat qu'au Havre et à Fécamp, phénomène qui se produit aussi à l'heure de la pleine mer à Etretat cela montre que la marée qui frappe plus directement le cap d'Antifer, voisin d'Etretat, se déverse à ces deux instants de chaque côté du cap et donne naissance à deux courants dont l'un se porte vers le Havre.

Mais quelles que soient les modifications que le môle puisse apporter à la succession et à la durée de ces courants, il est clair que la masse des eaux pénétrant par le goulet dans la baie viendrait balayer les abords du Havre et en entretenir les profondeurs. Le môle ne pouvant avoir grand effet sur le niveau des basses mers de Trouville au Havre, la pente et le courant qui existent entre Etretat et le Havre, après la basse mer, ne seraient pas modifiés et le premier flot qui passe dans la petite rade continuerait à se produire.

Le courant qui suit les côtes du Calvados serait dévié à partir de Trouville par le môle et par la plage qui se formeraitprès de lui. Ce courant passerait à l'extrémité du môle et les sables qu'il transporte viendraient accroître la hauteur du vaste banc qui se trouve à l'ouest du banc du Ratier. Le chenal produit par le goulet suivrait le bord est de ce banc jusqu'aux parties profondes de la mer. Et, dans le cas où l'apport successif des sables viendrait à menacer le chenal et risquerait d'entrer dans le goulet, il suffirait de prolonger le môle pour les garantir en étendant la plage qu'on aurait formée du Havre à Trouville.

Il nous semble donc prouvé que la construction d'un môle et la création artificielle d'une pointe de Grave à l'embouchure de la Seine n'aurait aucun effet fâcheux pour le Havre. Il assurerait l'entrée de son avant-port à toute heure de marée, la durée du plein se maintiendrait comme aujourd'hui, un chenal profond formerait une rade vaste et abritée entre Honfleur et la côte de l'Eure et il serait facile d'établir sur cette côte une seconde entrée, un nouvel avant-port et de nouveaux bassins autour desquels la ville du Havre pourrait prendre tout le développement que comporte son commerce et son avenir.

§ III. — PROLONGEMENT DES DIGUES DE LA SEINE.

Élargissement du chenal en aval de Tancarville. — Examinons maintenant les travaux à faire pour achever l'endiguement de la Seine.

Presque tous ceux qui ont étudié des projets pour l'endiguement de la Seine maritime ont supposé que son embouchure s'élargirait vers la mer et formerait un grand entonnoir ouvert aux marées qui arrivent de l'ouest. Les projets de MM. Bonniceau, Doyat et Le Mire et plusieurs de ceux qui ont été faits dans ces derniers temps reproduisent, à des degrés divers, cette disposition. Elle est fondée sur l'exhaussement que le niveau des pleines mers éprouve dans les baies de cette forme qui sont dans une situation analogue, et sur l'espoir que le surhaussement ainsi obtenu au fond de l'embouchure se maintiendrait au delà dans le fleuve. Mais l'observation attentive des faits vient démentir ces espérances.

S'il est effectivement vrai que l'onde marée s'exhausse au fond des baies en entonnoir lorsqu'elles sont formées ou ne reçoivent que de petits cours d'eau, il est à remarquer que cet effet s'amoindrit et disparaît quand l'entonnoir offre une ouverture suffisamment grande à son extrémité. C'est ainsi que les pleines mers de syzygie qui s'élèvent de $2^m,70$ de Roscoff à Grandville, et de 2 mètres de l'embouchure de l'Orne à celle de la Somme, retrouvent à Cherbourg et à Calais les mêmes niveaux qu'à Roscoff et à l'embouchure de la Seine. A l'entrée de la Seine où les bancs de l'estuaire forment un vaste plan incliné qui suffirait, sans la forme des rives, à relever le sommet de l'ondulation de la marée, l'exhaussement est assez faible. Il a été en vive eau d'étiage :

Le 26 septembre 1851,	du Havre	à Quillebœuf,	de.	$0^m,59$
Le 17 août 1852,	—	—	de.	0 15
Le 14 avril 1854,	—	à Tancarville	de.	0 51
Le 7 octobre 1854,	—	—	de.	0 07
Le 27 septembre 1855,	—	—	de.	0 57
Le 12 octobre 1855,	—	—	de.	0 67
Le 18 août 1856,	—	—	de.	0 62
Le 20 août 1872,	—	—	de.	0 52
Le 10 septembre 1855,	du Havre	à Quillebœuf,	de.	0 51
		En moyenne	de.	$0^m,467$

Et il faut remarquer que les différences les plus élevées se sont produites de 1854 à 1859, époque où la digue du sud était en construction sur la rive gauche à partir de Quillebœuf ; elle pénétrait dans le chenal de la Seine pour provoquer l'enlèvement du banc herbé qui occupait le lit du fleuve et fermait en grande partie la baie en amont de Tancarville. La Seine décrivait en outre, un immense détour entre l'extrémité de la digue et Tancarville, et la propagation de la marée rencontrait les plus sérieux obstacles. La différence moyenne des niveaux du Havre à Tancarville ne doit donc pas atteindre $0^m,46$.

Mais cet exhaussement ne se conserve pas dans la Seine et s'y perd rapidement. C'est ce que prouve l'examen des courbes de pleine mer de vive eau dans ce fleuve. Et cette loi paraît générale, car l'exhaussement qui pouvait être attribué le 10 septembre 1885 à la forme en entonnoir des côtes de la Manche, entre Fécamp et Boulogne, a disparu à Dunkerque, où l'onde marée avait franchi le Pas-de-Calais et où son niveau est resté à $0^m,49$ en contrebas de la pleine mer à Fécamp.

Il paraît donc démontré que l'exhaussement qu'on obtiendrait en vive eau par l'adoption d'une forme en entonnoir pour l'embouchure de la Seine n'aurait qu'une faible importance et ne se conserverait pas en amont dans la partie maritime de ce fleuve. Nous reviendrons, du reste, sur cette question, et nous verrons que si un petit élargissement progressif est nécessaire, des largeurs trop grandes feraient perdre à basse mer des quantités d'eau tout autres que celles qu'on gagnerait en choisissant la forme dont il s'agit.

L'examen des fleuves dont l'entrée présente un grand entonnoir tend d'ailleurs à éloigner de l'adoption d'une disposition analogue. Elles sont généralement mauvaises. Je citerai celle de la Meuse (1) et de la Seine elle-même avant toute exécution des digues. Leur entrée se trouve encombrée par les sables et très peu favorable à la grande navigation.

Largeur à adopter. — Lorsqu'on étudie le profil en long de la Seine entre Rouen et le Havre, on voit qu'elle offre à mer basse et sur de grandes longueurs des profondeurs considérables. Dans

(1) Pièce n° 12.

le port même de Rouen, on trouve plus de 10 mètres au-dessous des basses mers, et l'on rencontre ailleurs des profondeurs qui descendent jusqu'à 12 mètres au-dessous du même niveau. Les profondeurs de 8 mètres occupent plus de 12 kilomètres, répartis en divers points. La Seine présente donc en amont de Tancarville un bassin capable de recevoir les plus grands navires de commerce à mer basse et de servir de refuge aux bâtiments de la marine nationale en temps de guerre. Il est essentiel d'utiliser ces précieux avantages en assurant en aval du même point les profondeurs nécessaires pour pénétrer dans le fleuve.

Les méthodes que nous avons exposées en 1861 (1) permettent de calculer les largeurs à donner à un fleuve pour avoir une profondeur voulue quand on connaît le régime des marées qui s'y propagent. Sans faire ces calculs pour la Seine dont la largeur est fixée, tout au moins jusqu'à Tancarville, nous examinerons les profondeurs qu'on aurait en face de l'embouchure de la Risle avec une largeur de 500 mètres et avec une dimension de 1,200 mètres par exemple, qui correspondrait à un élargissement nécessaire pour donner à l'embouchure de la Seine la forme d'un grand entonnoir.

Si l'on prend la marée du 20 septembre 1880, citée dans le rapport de M. Vauthier de 1881, et si l'on cherche les profondeurs que l'on aurait au-dessous de la pleine mer, le jour indiqué, l'on trouve (2) :

Pour une largeur de	500 mètres . .	$8^m,40$
— —	1,200 — . .	5 32
On aura donc perdu. . . .		$3^m,08$

pour obtenir la forme en entonnoir du surhaussement à Tancarville de $0^m,46$. Cet élargissement aura donc causé une diminution de profondeur de $2^m,63$ au minimum. On voit aussi clairement que ce n'est pas tant ce surhaussement qu'il faut considérer que la profondeur d'eau définitive à obtenir en contre-bas des pleines mers. Cette remarque est encore plus essentielle pour la navigation descendante qui ne passe pas à Tancarville à l'instant

(1) Étude sur le mouvement des marées dans la partie maritime des fleuves in-8° et atlas, Paris, 1861.
(2) Note A et B.

du surhaussement dont il s'agit. Le seuil le plus élevé qu'il y ait à franchir à l'embouchure est d'ailleurs descendu bien en aval de Tancarville.

Est-ce à dire que tout élargissement doive être proscrit entre les digues? Ce n'est nullement notre pensée. La quantité d'eau que débite le jusant augmente à mesure qu'on descend vers la mer, et les calculs démontrent qu'il faut élargir progressivement le chenal, Mais cette augmentation de largeur ne doit être que fort modérée. Le conseil général des ponts et chaussées en a admis une de 10 mètres par kilomètre entre Quillebœuf et Tancarville, Une largeur de 600 mètres nous paraîtrait suffire sous les jetées de Honfleur. Les largeurs actuelles seraient conservées jusqu'à l'embouchure de la Risle où finissent les travaux déjà exécutés.

Tracé et niveau des digues. — Le tracé des digues à construire devrait fixer le chenal auprès de Honfleur, afin d'assurer un accès facile à ce port. Le lit de la Seine serait infléchi au sud, en face de Saint-Sauveur pour diriger vers le Havre les courants venant du fleuve. La digue du sud serait élevée au niveau des pleines mers moyennes de morte eau, pour défendre les terrains conquis le long de la côte et afin de mieux résister aux courants et de leur imprimer plus sûrement une direction par l'effet de la rive concave du fleuve, La digue du nord, au contraire, serait maintenue basse, à la hauteur des basses mers moyennes de morte eau, pour permettre aux marées de déraser derrière les bancs de l'estuaire, afin d'éviter qu'ils ne s'exhaussent. Cette digue aurait pour but de limiter le chenal et d'amener pour ainsi dire les bancs à se classer dans la baie de manière à fixer le cours de la Seine entre les digues. Au delà de Honfleur la digue du nord serait prolongée sur 1,200 mètres vers le Hoc pour faciliter l'entrée des eaux de marée dans le fleuve. Elle serait, dans le même but, élevée sur 1,500 mètres auprès de ce port au-dessus des pleines mers de vive eau.

Limite du prolongement des digues. — Ainsi que nous l'avons expliqué plus haut, le goulet établi près du Havre aurait pour effet de créer dans la baie un chenal dirigé vers l'embouchure de la Seine d'où viendrait la plus grande masse des eaux se dirigeant

vers la mer ; de son côté, le courant de la Seine creuserait en aval de Honfleur un chenal qui tiendrait vers le précédent. L'exemple des embouchures que nous avons citées nous semble prouver qu'ils se suivraient sans lacune ; mais s'il restait une barre entre eux, il suffirait de prolonger les endiguements au niveau des plus basses mers, au delà de Honfleur, pour remédier à cet inconvénient. On peut donc être certain de créer une bonne embouchure pour la Seine ; mais l'avenir seul peut dire le point exact où devront entièrement finir les endiguements de ce fleuve.

§ IV. — DÉTAILS DU PROJET.

Entrons dans quelques détails sur les travaux projetés.

Ils seraient à peu de chose près ceux qui étaient prévus par les projets que nous avons présentés les 31 août 1857 et 16 décembre 1859, mais ils en différeraient par les tracés.

Le môle, construit en ligne droite de Villerville au banc d'Amfard, s'infléchirait au delà dans la direction de l'ouest-nord-ouest sur environ 1,000 mètres, parce qu'il y aurait avantage à donner une certaine longueur au goulet et à ne pas le réduire à un point unique afin de rendre l'entrée des sables plus difficile. Le modèle reposerait sur un tapis de pierres de très petites dimensions prises dans les carrières ouvertes sur les bords de la Seine. Durant l'exécution des digues de la Seine dont nous avons été chargé pendant près de neuf ans, nous avons observé que ces mêmes pierres et les vidanges des carrières mêlées au sable vaseux de la baie résistaient bien à des courants rapides. Ce premier tapis que nous supposons fondé à 5 mètres en moyenne en contre-bas du zéro des cartes marines serait recouvert d'une couche de blocs d'enrochement ordinaires, puis des blocs artificiels, jusqu'à 1 mètre au-dessus des basses mers moyennes de vive eau. Le môle en maçonnerie s'éleverait sur cette fondation, et aurait 6 mètres de largeur en couronne. Sa longueur totale serait d'environ 6,500 mètres. Il serait élargi à son extrémité pour porter un phare et une batterie. Bien que plus court que celui qui avait été projeté en 1859, nous estimons qu'il coûterait à peu près le même prix par suite de

l'augmentation du prix de la main-d'œuvre qui a eu lieu depuis cette époque, et qu'il reviendrait à 40 millions.

Les digues auraient moins de longueur que celles prévues en 1857, en raison des travaux faits depuis lors de Tancarville à l'embouchure de la Risle. Mais comme il sera nécessaire, à cause de la nature gélive des pierres du pays, de revêtir les nouvelles digues quand elles auront pris leur assiette définitive, nous évaluerons l'achèvement des digues à peu près au même prix qu'en 1857, soit à 10 millions.

L'ensemble des travaux coûterait 50 millions.

Leur exécution se ferait de manière à réduire autant que possible les affouillements dans l'emplacement même du môle. Un large tapis de vidanges de carrières et de menus blocs serait disposé sur le tracé de cet ouvrage et recouvert peu à peu d'enrochements ordinaires et de blocs artificiels.

Les fondations seraient élevées sur toute la longueur du môle à 1 mètre au-dessus des basses mers de vive eau, avant de commencer les maçonneries. Ce premier travail serait appuyé au nord sur le point d'inflexion du môle, qui serait fortement défendu par des blocs artificiels. La largeur de la passe aurait, dès l'origine des travaux, la dimension voulue pour que l'énergie des courants d'Ebe fût assez concentrée pour rejeter les sables sur le large ; on aiderait au besoin par des dragages l'approfondissement de la passe. Les maçonneries seraient élevées progressivement de manière à ne créer nulle part un point plus bas qui fût plus attaquable aux courants des marées. Enfin, il faudrait mener rapidement les travaux et ne pas les interrompre, afin de diminuer la quantité de sable qui franchirait le môle pendant sa construction. Nous croyons qu'avec ces précautions, l'exécution de ce grand ouvrage n'entraînerait pas plus de difficultés que celle des travaux analogues, qui ont été généralement conduits à bonne fin.

Le prolongement des digues de la Seine serait fait comme l'a été leur construction, mais plus aisément que dans certaines parties, comme celle qui est comprise entre Quillebœuf et Tancarville.

§ V. — RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS.

En résumé, nous avons exposé que l'ensemble des travaux projetés consiste à construire un môle insubmersible entre la côte de Villerville et le banc d'Amfard et à prolonger jusqu'à Honfleur les digues de la Seine. On constituerait artificiellement à l'embouchure du fleuve une pointe analogue à la pointe de Grave, à l'entrée de la Gironde, et un goulet sur lequel se trouverait le port du Havre.

Nous avons fait voir que ces dispositions étaient celles que l'on rencontre à l'embouchure de la Gironde, de l'Escaut occidental, de la Loire, du Tage et d'autres fleuves dont l'accès est facile, et que l'existence du goulet y produit de grandes profondeurs qui s'étendent à de longues distances en amont et en aval dans le fleuve et vers la mer ; que cette loi de la formation de grandes profondeurs est générale, et qu'elle s'applique également aux baies à fond mobile dont l'entrée est étroite. Il s'ensuit que la création d'un goulet au Havre amènerait la création dans la baie de la Seine de chenaux, dont l'un se dirigerait vers Honfleur, point où déboucheraient les eaux du fleuve, et d'un autre chenal vers l'ouest, conduisant au Havre, aux parties profondes de la mer, qui sont peu distantes de la côte.

Nous avons indiqué la manière dont nous avons calculé la largeur du goulet que nous avons trouvée devoir être d'environ 2 kilomètres, et nous avons dit que les atterrissements formés dans la baie depuis 1859 nous avaient fait reporter l'origine du môle de Honfleur à Villerville, afin d'augmenter la masse des eaux de marée qui pénétreraient dans la baie. Nous avons démontré par des exemples que les sables qui proviennent tous de la mer n'entreraient pas dans la baie, mais seraient rejetés au large par l'excédent des eaux du jusant dû au débit de la Seine. L'étude des marées dans la Manche a prouvé que l'étale de pleine mer, qui se produit du Havre à Carantan, est dû à des phénomènes exclusivement marins et se maintiendrait après l'exécution du môle; cet ouvrage ne pouvant que relever un peu le niveau des pleines mers de Trouville au Havre. Le courant qui longe la côte du cap d'An-

tifer au Havre au commencement du flot, et qui entretient la profondeur de la petite rade, ne serait pas changé.

En ce qui concerne le prolongement des digues de la Seine, l'exemple des fleuves qui aboutissent à une baie en entonnoir tend à faire rejeter cette forme. L'observation prouve que l'exhaussement de la pleine mer qui se produit au fond des baies fermées ne s'observe pas de la même façon dans celles qui se terminent par une ouverture, et qu'il ne se maintient pas au delà de celle-ci. L'accroissement de hauteur qu'on pourrait espérer à Tancarville ne dépasserait pas $0^m,46$ à $0^m,47$, et l'élargissement des digues ferait perdre, en définitive, une profondeur d'environ $2^m,50$ à 3 mètres, en face de l'embouchure de la Risle. Il faut garder la largeur actuelle des digues et conserver toutes celles qui sont construites. Nous proposons de fixer la largeur du fleuve à 600 mètres en face de Honfleur. La digue du sud serait élevée au niveau des pleines mers moyennes de morte eau pour maintenir la Seine sur cette rive, et la digue du nord serait établie au niveau des basses mers de morte eau pour laisser aux bancs de l'estuaire leur hauteur actuelle et conserver les quantités d'eau de marée qui les recouvrent. Enfin, l'expérience seule peut indiquer s'il conviendra de prolonger les digues au niveau des mers basses au-dessous de Honfleur, pour unir les profondeurs du fleuve à celles du chenal créé par le goulet du Havre.

Dans le 4e paragraphe, nous avons donné les détails nécessaires sur les travaux projetés et nous avons évalué le môle à 40 millions, l'achèvement des digues à 10 millions et l'ensemble des travaux à 50 millions.

Ce chiffre est élevé, mais il nous semble impossible de refuser une satisfaction aux intérêts en présence, et l'abandon de l'amélioration de l'embouchure de la Seine paraît de nature à produire les plus regrettables effets. Ce sont les sables vaseux de l'estuaire qui ont rempli les espaces laissés derrière les digues et créé les nouvelles alluvions ; ce sont eux qui se sont accumulés pour former les bancs herbés qui s'étendent du nord de Tancarville au Hoc, et de Berville à Honfleur, au sud. Le vide qu'ils ont laissé dans l'estuaire se comble des sables de la côte du Calvados et du large, et la masse de l'eau qui traverse le méridien du Havre comme sa force vive, ont sensiblement diminué.

L'on ne peut se dissimuler que l'encombrement d'une partie des chenaux qui traversent ce même méridien est probable, et que la formation d'un chenal profond entre les bancs du Ratier et d'Amfard amènerait, comme en 1677, des dépôts notables à l'entrée du Havre. La barre qui obstrue l'entrée de la Seine ne disparaîtra sûrement que par le prolongement des digues. On est donc conduit à achever l'amélioration de l'embouchure de la Seine.

Le projet que nous présentons et qui consiste, en résumé, à constituer une pointe de Grave et un goulet en face du Havre, et à finir les digues de la Seine, créerait à l'embouchure de ce fleuve une situation analogue à celle qui existe à l'entrée de la Gironde. Elle serait de nature à donner une satisfaction légitime aux intérêts en présence.

Le Havre verrait son avant-port devenir accessible aux grands navires à toute heure de marée, et conserverait l'étale qui facilite à haute mer l'entrée dans ses bassins où l'on pourrait arriver d'ailleurs à tout instant par les écluses. Il serait possible de créer un nouveau port et une nouvelle entrée sur la plage de l'Eure et d'y assurer à la ville, par la construction de nouveaux quartiers, tout le développement que comporte son avenir.

Entre Honfleur et le Havre, il y aurait une grande rade parfaitement abritée par le môle.

Le chenal de la Seine passerait sous les jetées de Honfleur et, comme les pleines mers de morte eau s'y élèvent à $5^m,40$ au-dessus des basses mers de vive eau, il suffirait qu'il y eût $4^m,60$ dans la Seine au-dessous de leur niveau pour que les plus grands navires puissent entrer à toute heure de marée dans ce port.

Enfin l'achèvement des digues de la Seine permettrait aux navires tirant $7^m,50$ à 8 mètres d'arriver à Rouen en morte eau, quand on aurait terminé l'amélioration du fleuve entre Rouen et Quillebœuf.

Point de vue économique et militaire. — Si l'on examine le projet au point de vue des intérêts généraux du pays, on remarque les avantages qu'il présente sous les rapports économique et militaire. A l'égard des premiers, il assurerait au commerce maritime et près de Paris des facilités que la France ne possède pas en ce moment sur les côtes de la Manche, et qui se rencontrent

à peu de distance en Angleterre. Au point de vue militaire, l'Angleterre a sur la Manche des rades ou des ports excellents et plusieurs grands établissements pour sa marine royale, tandis que sur la côte de France il n'y a que Cherbourg qui est maintenant exposé à l'action des armes à longue portée. Une rade placée derrière un môle à l'embouchure de la Seine et le port de Honfleur abrité par les coteaux de Grâce auraient une valeur sérieuse pour la marine française. Il faut aussi remarquer l'importance de la position du Havre, qui est sur la Manche et sur l'embouchure de la Seine. Le Havre a été pris en 1562 et bombardé en 1634, et il importe d'avoir auprès de cette ville des forces militaires toujours proches pour la défendre.

Le projet que nous présentons nous paraît répondre parfaitement à la demande que M. le Ministre des travaux publics a faite à la commission qu'il a nommée le 5 novembre 1885, parce qu'il renferme une solution d'ensemble conforme aux intérêts du Havre, de Honfleur et de Rouen et à ceux du pays tout entier. Nous demandons pour ces motifs qu'on veuille bien l'adopter.

Paris, le 12 décembre 1885.

L'inspecteur général des ponts et chaussées,

Signé : E. PARTIOT.

Note A

La méthode que nous avons exposée en 1861 pour évaluer la quantité d'eau qui pénètre dans une rivière à marée ou qui en sort entre deux instants donnés, a besoin d'être rappelée, quoiqu'elle soit très simple. Nous l'expliquerons de la manière suivante :

L'onde marée qui entre dans un fleuve se déplace à mesure qu'elle le parcourt et son sommet suit une ligne fictive qui est le lieu géométrique des points qu'il occupe successivement. Les eaux du fleuve continuent à baisser jusqu'à l'arrivée de la partie antérieure de l'onde dont le bas suit une ligne fictive qui est le lieu géométrique des basses mers. La mer n'est donc pas pleine ou basse à la fois sur tous les points d'un cours d'eau de quelque étendue, et l'on ne doit pas confondre les lieux géométriques ou courbes des pleines et des basses mers avec le profil longitudinal momentané des eaux du fleuve à un moment donné.

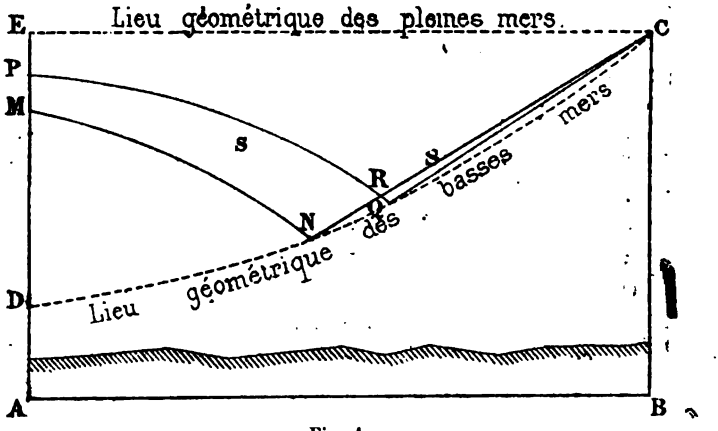


Fig. 1.

Prenons le profil en long d'un cours d'eau (Fig. 1). Lorsque la marée monte en un point A et atteint la hauteur AM, la surface de l'eau présentera une forme telle que MNC, N étant le point où la mer est tout à fait basse et où arrive l'onde et NC étant la partie où la marée descend encore et doit atteindre successivement les divers niveaux du lieu géométrique DNC des basses mers. Le courant remonte dans le fleuve de M en N et continue à descendre vers la mer depuis le point N jusqu'au point C où le mouvement de la marée cesse de se faire sentir.

Soit PQC le profil momentané du fleuve quand la mer s'est élevée de M en P au point A. La quantité d'eau qu'il y aura en plus dans le fleuve sera représentée par la surface MPRN = S qui s'est ajoutée à celle qui existait, et diminuée de la surface RQC = S dont la rivière s'est pour ainsi dire vidée de Q en C, ces deux surfaces étant d'ail-

leurs multipliées par les largeurs du fleuve l et L qui leur correspondent.

Cette masse d'eau ls — LS est celle qui est entrée par le point A, mais aussi par le point C en raison du débit naturel du fleuve. Si l'on désigne par v la quantité d'eau pénétrant par le point C et par V celle qui entre en A, l'on aura la formule $V + v = sl + SL$, d'où $V = sl - SL - v$ ou en changeant les signes :

$$-V = SL - sl + v.$$

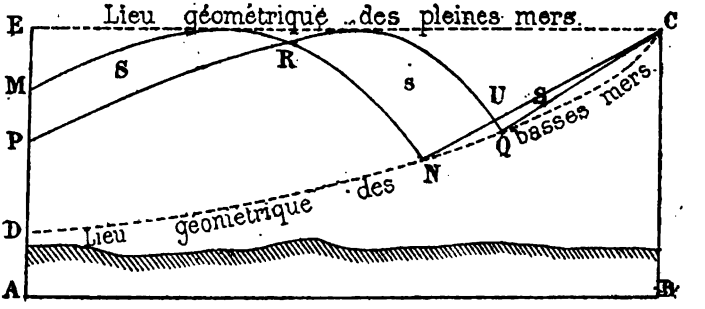


Fig. 2.

Si l'on considère un moment où la mer descend au point AC (Fig. 2, et si l'on cherche la quantité d'eau débitée sur ce point entre l'instant où elle était au niveau M et le moment où elle est descendue au niveau P, on voit que la quantité d'eau qui est dans la partie AB du fleuve a diminué de ce qui correspond aux deux surfaces MPR = S et QCU = S' et s'est accrue de ce qui répond à la surface RUN = S, multipliées par les largeurs respectives L L' l. Le volume d'eau compris entre les points A et B du fleuve a donc diminué de $SL + SL' - sl$. Le débit V au point A a été égal à cette quantité, augmentée de ce que la partie amont du fleuve a versé au point C et qui répond à une quantité égale sortie en A. On a donc pour le débit total en ce point A :

$$V = SL + S'L' - sl + v.$$

Il est clair que si la largeur du fleuve varie dans les longueurs correspondantes aux surfaces S_1S' et S, on devra en tenir compte en posant :

$$V = (SL + S_1L_1 + S_2L_2 + \ldots) + (S'L' + S'_1L'_1 + \ldots)$$
$$(sl + s_1l_1 + \ldots) + v.$$

La formule est la même que dans le premier cas, en appelant V le volume des eaux qui sortent au jusant et — V celui des eaux qui entrent pendant le flot au point A, $S_1S'_1$, $S_2 \ldots S'S'_1S'_2 \ldots$ les surfaces qui correspondent à un abaissement, $S'S'_1S'_2 \ldots$ celles qui répondent à un exhaussement et $LL_1 \ldots L'L'_1 \ldots l_1 \ldots$ les largeurs du fleuve relatives à ces surfaces.

Si l'on veut avoir la quantité d'eau que le fleuve débite en un point donné, durant le jusant d'une marée, il faut prendre le profil en long au moment où le courant de jusant commence, ou en d'autres termes à la fin de l'étale de flot, et le profil à la fin de l'étale de jusant, c'est-à-dire à l'instant où le courant de flot arrive. L'intervalle de temps compris entre les heures répondant à ces deux profils momentanés fait connaître le nombre de secondes par lequel il faut multiplier le débit des eaux d'amont au-dessus du point C, pour avoir le volume v de ces eaux qui entre dans les formules.

Note B

Prenons la marée du 20 septembre 1880, citée dans le rapport de M. Vauthier de 1881, marée dont la basse mer à l'embouchure de la Risle était de 7 heures 35 et à la cote 103m 66 et la pleine mer à 9 heures 40 et à la cote 97m 39. Supposons que la marée descende à la cote 103m 66 après un délai de 10 heures 20 ou de 37 heures 200. Prenons pour le cube d'eau introduit dans la Seine le chiffre de 80 millions de mètres cubes cité par M. Vauthier (p. 20), et pour le débit de la Seine à Saint-Aubin 483 mètres cubes par seconde, soit environ 81 millions de mètres cubes dans le même laps de temps. Le cube d'eau qui s'écoulera dans les 10 heures 20 sera de 98 millions de mètres cubes, ou de 2,643 mètres cubes par seconde à l'embouchure de la Risle.

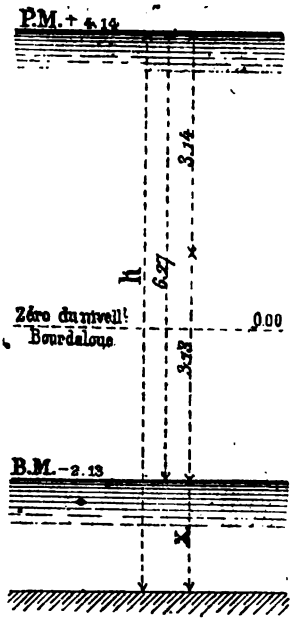


Fig. 3.

Ce débit sera égal au produit de la vitesse moyenne V par la section, ou par le produit de la largeur l, par la profondeur moyenne $\frac{103{,}66 - 97{,}39}{2} + x = 3{,}14 + x$, en appelant x la profondeur au-dessous de la basse mer. On aura donc :

$$2{,}634 = vl\,(3{,}14 + x)$$

Si l'on prend V = 1m et l = 500 mètres, on trouve x = 2m 13, ce qui donne 2m 13 + 6m 27 = 8m 40 au moment du plein. Mais si l'on prend l = 1,200 mètres, on trouve x = 0m 95, ce qui indique des bancs dans le chenal et une profondeur moyenne de 6m 27 — 0m 95 = 5m 32 au moment du plein.

La cote du fond serait ainsi de 97,39 + 5,32 = 102,71 ; mais il faut bien comprendre qu'il ne s'agit là que d'une cote moyenne calcu-

lée approximativement pour toute la largeur du lit et que les cotes du thalweg du chenal qui se formerait entre les bancs seraient plus basses.

Le chiffre de 80 millions cité par M. Vauthier n'est pris que comme une approximation. Il varierait un peu si la largeur de la Seine était de 1,200 mètres à l'embouchure de la Risle, mais le résultat définitif resterait à peu près le même.

BARRAGE PROJETÉ DE L'ESCAUT ORIENTAL

ANNEXE N° 2

RAPPORT de la Commission internationale instituée pour apprécier l'influence que le Barrage du bras oriental de l'Escaut, près Woensdrecht, exercera sur la navigabilité de l'Escaut occidental et de la partie du fleuve en amont de Bath. — 12 septembre 1886.

La Commission est composée de deux délégués du Gouvernement belge :

MM. Maus, ingénieur en chef, directeur des ponts et chaussées, dans la province de Hainaut ;

Boudin, ingénieur des ponts et chaussées, à Gand ;

et de deux délégués du Gouvernement néerlandais :

MM. Beyerinck, inspecteur divisionnaire du waterstaat, à La Haye ;

Caland, ingénieur du waterstaat, à Delft.

Comprenant toute l'importance de l'avis qui lui est demandé, la Commission a pensé que le meilleur moyen d'accomplir sa mission était d'étudier d'abord, et aussi complètement que le lui permettait le peu de temps dont elle pouvait disposer, la marche actuelle des courants de marée dans l'Escaut occidental, qui coule d'Anvers vers Flessingue, et dans l'Escaut oriental qui, se détachant de l'Escaut occidental, près de Bath, passe à Berg-op-Zoom, Gorihoeck et Zierikrée; puis d'apprécier les changements que la construction du barrage projeté, entre Bath et Berg-op-Zoom, apportera dans le régime de l'Escaut occidental, afin d'en tirer les conséquences favorables ou défavorables à l'état actuel de la navigabilité de l'Escaut occidental et de la partie du fleuve en amont de Bath.

Afin de constater la marche des courants, la Commission s'est rendue sur les lieux, qu'elle a parcourus, partie par le bateau à vapeur *Tell graaf*, et partie sur un bateau à voiles appartenant à l'administration du waterstaat : elle a en outre chargé M. de Matthys, ingénieur des ponts et chaussées, et M. Vanden Santheuvel, ingénieur du waterstaat, adjoint à la Commission, de continuer les observations et de faire les opérations jugées nécessaires pour lui donner une connaissance aussi exacte que possible des phénomènes, qui, à chaque marée, se renouvellent dans l'Escaut oriental, entre Bath et Berg-op-Zoom.

Les renseignements ainsi obtenus s'accordent, dans leur ensemble, avec l'opinion des marins et des personnes qui ont fait de cette question une étude spéciale; la Commission croit pouvoir admettre que, dans les conditions normales, les courants se produisent sous l'action de la marée dans l'ordre suivant :

Le flux qui se fait sentir sur les côtes de la Belgique et de la Hollande, venant de la Manche, pénètre successivement dans l'Escaut occidental, puis dans la branche orientale du fleuve.

Le flot montant par le bras occidental arrive à Bath en moyenne un quart d'heure avant que la marée qui monte, par le bras oriental, atteigne Berg-op-Zoom.

Arrivé à Bath, le flot du bras occidental se divise et forme deux courants : l'un monte vers Anvers; l'autre, entrant dans le bras oriental, se dirige vers Berg-op-Zoom et rencontre le flot de l'Escaut oriental qui, de Berg-op-Zoom, marche vers Bath.

La réunion des deux flots se fait suivant une ligne à peu près perpendiculaire à leurs cours, et située à environ 1,500 mètres de Bath (1).

Le courant fourni par l'Escaut occidental est prédominant, de sorte que la ligne qui marque la rencontre des courants se déplace et s'éloigne de Bath à mesure que le niveau des eaux s'élève ; lorsque la marée cesse de monter, cette ligne de rencontre des courants se trouve à environ 6,500 mètres de Bath, ou à 1,000 mètres de sa première position.

Le déversement, dans le bras oriental des eaux fournies par

(1) Toutes les distances ont été mesurées suivant le thalweg, à partir d'une ligne passant par le bâtiment de la Douane à Bath et la Tour de Santvliet.

l'Escaut occidental, s'observe à Bath pendant toute la durée de la marée montante, et s'arrête à l'instant où celle-ci y atteint sa plus grande élévation.

Dès que la marée descend à Bath, on observe dans l'Escaut oriental deux courants marchant en sens inverse des premiers : l'un est formé par l'eau qui rentre dans le bras occidental, l'autre est produit par le jusant qui descend vers la mer, en passant par Berg-op-Zoom.

La ligne, qui marque la séparation de ces deux courants, passe d'abord par le batiment de la Douane à Bath et par la Tour de Santvlict; puis, à mesure que le niveau des eaux s'abaisse, cette ligne de séparation s'éloigne de Bath vers Berg-op-Zoom, parallèlement à sa position primitive, et se trouve, lors de la basse mer moyenne, à 4,500 mètres environ de Bath ou à 1,000 mètres de la ligne marquant la première rencontre des deux marées montantes.

La direction et l'intensité des vents, l'âge de la lune, etc., font nécessairement varier la position des lignes qui viennent d'être indiquées entre certaines limites que les marins de ces localités considèrent toutefois comme assez resserrées.

D'après cet exposé, le bras oriental ne fournit point d'eau au bras occidental, et ne contribue en rien à grossir la marée qui monte vers Anvers. Au contraire l'Escaut déverse à chaque marée montante, dans la branche orientale de ce fleuve, un grand volume d'eau, dont une partie seulement lui est rendue à marée descendante; l'autre partie, emportée par le courant qui descend vers Berg-op-Zoom, retourne à la mer par l'Escaut oriental.

La portion du lit, comprise dans le bras oriental, entre Bath et la ligne moyenne de rencontre des deux courants de flot, peut ainsi être considérée comme formant un vaste bassin que le flot de l'Escaut occidental remplit à chaque marée montante. Pendant la marée descendante, ce bassin se vide par ses deux extrémités opposées, restituant à l'Escaut occidental une partie de l'eau qu'il en a reçue, et déversant dans le bras oriental l'autre partie de son contenu, laquelle constitue une véritable saignée faite au bras occidental.

Le remblai, projeté à travers le lit de l'Escaut oriental, doit être établi à 4,100 mètres environ de Bath, c'est-à-dire à 1,900

mètres du sud de la position moyenne de la ligne qui marque la rencontre des deux flots entre Bath et Berg-op-Zoom.

Ce barrage formera, après sa construction, une véritable crête de partage que les eaux ne pourront plus franchir. La saignée de l'Escaut occidental sera, par là, immédiatement supprimée, et la partie du bras oriental, comprise entre Bath et le barrage, deviendra une vaste crique qui, alternativement noyée et découverte par le flux et le reflux, s'envasera dans un avenir plus ou moins prochain.

En déterminant l'atterrissement de cette partie de l'Escaut oriental, la construction du barrage produira donc, après l'atterrissement, exactement le même effet que si l'on fermait ce bras du fleuve, près de Bath, par une digue établissant la continuité de la berge droite de l'Escaut occidental.

Pour apprécier l'influence que ces changements produits par le barrage dans l'Escaut oriental exerceront sur le régime de l'Escaut occidental, tant en amont qu'en aval de Bath, il convenait de connaître, au moins approximativement, l'importance du volume d'eau que chaque marée montante de l'Escaut occidental déverse aujourd'hui dans le bras oriental, et de déterminer dans quelle proportion ce volume se répartit entre les bras occidental et oriental, pendant la marée descendante.

La Commission a prié MM. les ingénieurs adjoints de faire les observations et opérations qu'elle a jugées nécessaires pour obtenir ces indications.

Grâce à l'habileté et au zèle que MM. de Matthys et Vanden Santheuvel ont déployés dans l'accomplissement de leur tâche la Commission a obtenu dans un court délai les observations et profils permettant d'évaluer à 32,460,000 mètres cubes le volume d'eau que l'Escaut occidental déverse dans le bras oriental pendant le flux, les eaux atteignant le niveau moyen de la marée haute à Bath.

Pendant la marée descendante, ce volume de	32.460.000^{m3}
se répartit de la manière suivante ;	
Volume rentrant dans l'Escaut oriental	11.500.000^{m3}
Volume qui s'écoule vers la mer par l'Escaut occcidental.	20.960.000^{m3}
Total.	32.460.000^{m3}

Les membres de la Commission admettent, à l'unanimité, l'exposé des faits et considérations qui précèdent; mais cette unanimité n'a pu, au regret de tous, s'établir sur l'appréciation des changements que le barrage apportera au régime de l'Escaut occidental.

S'accordant pour reconnaître que l'effet de ces changements sera favorable à l'amont de Bath, les membres de la Commission envisagent, d'une manière différente, le résultat en aval de ce point.

MM. les Commissaires belges le considèrent comme défavorable, tandis que MM. les Commissaires néerlandais sont d'avis que ce résultat sera, au contraire, favorable.

Les considérations sur lesquelles s'appuient les deux opinions vont être successivement développées :

Les commissaires belges ne peuvent admettre que le volume d'eau qui pénètre dans un fleuve, pendant les six heures de la marée montante, ait une valeur absolue, indépendante des modifications que le lit du fleuve peut éprouver. Selon eux, le courant au flux dépend en réalité de diverses circonstances, telles que l'étendue de la surface soumise à l'action de la marée, le débit du fleuve et ses affluents, les obstacles opposés à la marche de la marée, etc.; de telle sorte que le volume d'eau qui entre pendant les six heures de la marée montante, varie avec chacun de ces éléments.

Considérant, en effet, les changements que la construction du barrage apportera au régime de l'Escaut occidental, on remarque d'abord que la marée montante allant à Bath trouve aujourd'hui un vaste bassin dans lequel elle déverse un volume d'eau évalué à 32,460,000 mètres cubes.

Ce déversement a pour conséquence nécessaire de maintenir la surface liquide à un niveau moins élevé que s'il n'existait pas.

A son tour, ce niveau moins élevé amoindrit la contre-pression exercée en aval du bassin, sur le courant ascendant, dont la marche devient par là plus rapide et le débit plus grand.

L'existence de ce bassin produit ainsi une augmentation dans le volume des eaux en mouvement, depuis l'embouchure jusqu'à Bath.

D'autre part, ce même bassin, en diminuant par l'épanouissement qu'il provoque la vitesse des eaux qui doivent remonter

l'Escaut supérieur, en maintenant à Bath la surface liquide à un niveau moins élevé, est une cause de ralentissement des eaux vers l'amont ; il diminue en conséquence, le volume de l'onde marée qui, à partir de Bath, remonte à Anvers, pour redescendre avec le jusant.

Le déversement qui se fait aujourd'hui, dans le bras oriental, accroît donc le volume d'eau que la marée montante fait entrer dans la partie aval du fleuve, et diminue le volume qui remonte vers Anvers; par suite, la suppression de cet écoulement réduira le volume d'eau de la marée montante, entre Flessingue et Bath, et l'augmentera en amont de Bath d'une partie de l'eau déversée aujourd'hui dans le bras oriental.

En conséquence, le régime de l'Escaut sera, après le complet envasement du bassin oriental, amélioré en amont de Bath et empiré entre Bath et Flessingue.

La saignée, c'est-à-dire le volume d'eau que l'Escaut occidental déverse dans le bras oriental à marée montante, et qui ne lui est pas rendue à marée descendante, diminue, il est vrai, le volume de la marée descendante, entre Bath et l'embouchure du fleuve ; mais cette saignée, dont le volume est pendant une marée moyenne de 20,960,000 mètres cubes, a l'avantage de faire sortir définitivement du lit de l'Escaut occidental les troubles dont les eaux se sont chargées en parcourant, dans le lit du fleuve, un développement de plus de 50 kilomètres.

Lorsque l'on considère qu'à chaque marée montante l'Escaut occidental déverse dans le bassin du bras oriental un volume d'eau qui, variant avec la hauteur de la marée haute soumise à l'influence des phases lunaires, représente pour une hauteur moyenne de marée un volume de 32,460,000 mètres cubes ; que ce volume déversé en six heures correspondrait, si l'écoulement était uniforme, à un débit de 1,500 mètres cubes par seconde, et que ce débit, comparable à celui des plus grands fleuves, est notablement dépassé pendant les fortes marées, les plus efficaces pour le curage des passes navigables, on doit reconnaître que le changement défavorable en aval de Bath sera assez grand pour provoquer à l'avenir des atterrissements nuisibles à la navigation, malgré la profondeur des passes actuelles.

Ces atterrissements formés en aval de Bath, en diminuant la

section du lit du fleuve, diminueront encore le volume que la marée y fait entrer, et dont une partie remonte au delà de Bath; ils atténueront ainsi le changement favorable que la construction du barrage produira dans l'Escaut supérieur.

Telles sont les considérations qui engagent les commissaires belges à émettre l'avis que la construction du barrage de l'Escaut oriental sera favorable au régime de l'Escaut en amont de Bath, et assez défavorable en aval de cette localité, pour déterminer la formation d'atterrissements nuisibles à la navigation.

Les commissaires belges se bornent d'ailleurs à examiner l'influence que le barrage exercera sur le régime du fleuve considéré dans son ensemble, attendu qu'il suffit que ce barrage puisse créer en un seul point des entraves à la navigation, pour le considérer comme nuisible, lors même qu'il améliorerait quelques-unes des passes actuelles.

Les commissaires néerlandais, afin de juger en connaissance de cause les effets que la construction du barrage projeté de l'Escaut oriental pourra avoir sur l'Escaut occidental, pensent qu'il est nécessaire de considérer aussi bien la partie de l'Escaut en amont que celle en aval de Bath.

En effet, les plus grandes irrégularités dans le régime du fleuve se trouvent précisément aux environs de Bath, sur une certaine étendue en amont et aussi quelque peu en aval de Bath, et le rapport entre les deux parties est intime.

Nous allons donc présenter d'abord quelques considérations sur cette partie du fleuve en général, pour traiter ensuite de l'Escaut occidental.

Finalement, nous tâcherons de développer les principes qui ont servi de base à nos raisonnements.

1° Considérations générales. — Nous avons vu, dans la description du régime des courants aux environs de Bath, que pendant toute la durée de la marée montante, il y a sur ce point entre les courants une bifurcation constante vers l'Escaut oriental et celui en amont de Bath.

On sait ce que signifient de telles bifurcations et combien elles sont nuisibles à la conservation des passes.

C'est pour cette raison que les ingénieurs se sont partout préoccupés

à concentrer, autant que possible, les courants dans un seul chenal, afin d'accroître l'énergie de ces courants et d'enlever les sables que les marées s'efforcent constamment de déposer.

Dans la situation actuelle le flot se bifurquant à Bath, perd là de sa vitesse; et, comme c'est le flot qui amène les sables de la mer dans la rivière, il est clair qu'aussitôt que sur un point quelconque il y a diminution de vitesse de la marée, l'eau y dépose les sables qu'elle tenait en suspension.

Voilà l'origine des bancs qui, sur ce point, sont si gênants pour la navigation.

Mais la dérivation de la marée vers l'Escaut occidental amène un autre inconvénient non moins grave pour la navigation. Le voici :

Les navires entrant par l'Escaut et se rendant en Belgique profitent généralement de la marée montante, et pour cela ils n'ont qu'à suivre le chenal qui, sur ce fleuve, est partout très bien marqué.

Mais, arrivés à la hauteur de Bath, ils trouvent deux courants, dont l'un les pousse vers le nord, et l'autre vers le sud ; et il est évident que par les temps de calme, quand il n'y a pas assez de vent pour permettre aux équipages de faire la manœuvre, ces deux courants contradictoires exposent les navires au danger de sombrer sur l'un ou l'autre bord de la passe qui y forme un étranglement excessif. Pendant notre visite des lieux, nous avons vu un brick échoué sur le banc de Saeftingen dans l'Escaut occidental et dont les deux mâts s'élevaient encore hors de l'eau. Il y a lieu de croire que l'état du fleuve, sur ce point, n'a pas été sans influence sur la cause du désastre.

2° Escaut occidental. — Nous sommes d'avis qu'après l'endiguement de l'Escaut oriental, l'Escaut en amont de Bath recevra, à marée haute, non seulement la quantité d'eau qui maintenant se déverse de l'Escaut oriental dans l'Escaut occidental, mais aussi la majeure partie du volume qui actuellement se perd par la voie de l'Escaut oriental, quoiqu'il soit impossible de déterminer *a priori* le volume de cette dernière quantité.

En effet, ce volume, comme nous avons déjà eu l'occasion de le faire observer, doit être considéré comme une saignée faite à

l'Escaut deux fois par jour et qui, une fois l'orifice fermé par le barrage, viendra renforcer en partie le courant de marée en amont de Bath, et par suite celui du jusant en aval de ce point.

Car le bassin de l'Escaut oriental, au lieu de rendre à l'Escaut occidental toute l'eau qu'il en avait reçue, déverse de cette eau *les deux tiers* vers son propre lit, et ces deux tiers sont irrévocablement perdus pour l'Escaut occidental.

En outre, la dérivation est cause que la marée montante s'affaiblit précisément vers les deux dernières heures de sa durée, époque où, sur les fleuves de la Zélande, le flot agit avec le plus d'énergie.

Il est possible que la dérivation soit la cause que l'Escaut oriental reçoit actuellement une partie des sables que la mer introduit dans le fleuve et qui, après l'exécution du barrage, resteront dans l'Escaut occidental ou dans celui en amont de Bath. Mais ces sables ne se déposent-ils pas en aval de Bath dans les diverses périodes où il y a stagnation par suite de la rencontre de la marée et du jusant? Et le reste ne se dépose-t-il pas à Bath même, où le courant, par sa brusque bifurcation, perd considérablement de sa vitesse?

Il va sans dire, d'ailleurs, que si après la construction du barrage, l'Escaut recevait moins d'eau de mer qu'à présent, il s'y introduirait aussi moins de sable, de telle sorte que, sous ce point de vue, la perte d'une quantité d'eau de marée ne nuirait pas à l'état du fleuve.

A notre avis, l'effet du barrage sera un exhaussement du niveau de haute marée au point de séparation près de Bath; mais ceci ne saurait avoir lieu sans renforcer le courant de marée vers Anvers et celui du jusant dans l'Escaut occidental. Car, à l'exhaussement du niveau de marée, à Bath, correspond une augmentation dans la pente de la surface, aussi bien vers l'amont que vers l'aval.

Cette observation nous semble avoir d'autant plus d'importance qu'il s'agit ici d'une des parties les plus détériorées du fleuve, et que les conséquences du barrage, à notre avis, ne sauraient être que salutaires à tout le régime de l'Escaut, sans lesquelles nous estimons une amélioration satisfaisante de ce beau fleuve impossible.

Toutefois, nous nous croyons obligés d'énumérer les considérations sur lesquelles notre conviction repose, et nous allons entrer pour cette raison, dans un certain développement de nos idées.

3° L'ENTRETIEN DES RIVIÈRES A MARÉES, COMME VOIES NAVIGABLES, REPOSE UNIQUEMENT SUR LE SYSTÈME DES CHASSES NATURELLES. — La marée introduit une certaine quantité d'eau de mer dans la rivière. Elle barre pendant six heures les eaux du fleuve, de sorte que, lorsque ses propres eaux se rendent par le reflux en mer, elle mène avec elle deux fois le débit de la rivière.

La vague marée, entrée par l'embouchure, se propage vers l'intérieur aussi loin que le lui permet la pente des eaux du fleuve à marée basse. Par conséquent, la quantité d'eau de mer qui entre dans la rivière ne dépend pas du niveau de celle-ci à marée haute, mais des différences successives entre les hauteurs de la vague marée et la hauteur des eaux dans la rivière.

Un exhaussement du niveau de haute marée, à Bath, n'aurait donc aucune influence nuisible sur la quantité d'eau de mer qui, à chaque marée, remplirait l'Escaut maritime.

La vague ou ondulation de la marée s'étant propagée vers l'intérieur, il arrive un moment où le niveau en mer devant l'embouchure commençant à s'abaisser, il y a étale à l'embouchure. A cet instant, la rivière inférieure étant remplie d'eau de mer, le bassin de chasse est plein.

Au moment suivant, le reflux commence à se faire sentir à l'embouchure ; c'est la porte de chasse qui s'ouvre et qui donne aux eaux introduites par la mer et à celles de l'étiage l'occasion de s'évacuer vers la mer, jusqu'à ce qu'une nouvelle marée recommence la même opération.

Ici se place une observation sur laquelle il est important d'appuyer :

C'est qu'à l'instant de basse mer, à l'embouchure, les eaux qui s'y trouvent se composent en partie de celles de l'étiage *et ont, par conséquent, un poids spécifique moindre que les eaux salées de la mer.*

Il résulte de là que l'eau de la mer, qui entre à l'embouchure, se trouve en-dessous de l'eau de la rivière, et l'on observe, en

effet, surtout à de grandes profondeurs, qu'aux embouchures des rivières, dans une même section transversale, en haut ou près de la surface, le jusant coule encore vers la mer au même instant que dans le voisinage du fond l'eau salée de la mer entre déjà.

Dans les fleuves aux embouchures très larges, comme l'Escaut, le point où se produit ce phénomène pourra être placé à quelque distance de la mer en amont.

Le courant du flot sur les rivières maritimes de la mer du Nord a une grande vitesse. Il rase les sables des côtes et en détache une grande quantité qu'il dépose dans le lit des fleuves sur tous les points où il perd de sa vitesse.

A cause de la résistance continuelle que lui oppose le courant du jusant, il ne peut pas agir sur le fond du lit : toutes ses forces sont dépensées à vaincre cette résistance.

Le jusant, au contraire, ne trouvant aucune résistance de cette nature et se resserrant à chaque instant dans une section plus étroite, agit continuellement sur le lit.

C'est le jusant qui creuse les passes avec les eaux qui lui amène la marée, augmentées de celles de l'étiage.

Mais, pour que le jusant puisse agir librement de la sorte, il faut qu'il soit gêné aussi peu que possible dans sa marche.

Parmi les entraves que le jusant rencontre, il n'y a rien d'aussi nuisible que les étranglements du lit et les courbes très fortes ou très sensibles.

Les étranglements et les courbes ont pour effet d'obstruer le courant du reflux, de diminuer par conséquent la pente, et, par suite, la vitesse du jusant en amont, d'où il résulte que les sables et le limon, charriés par le fleuve, se déposent de préférence en amont de ces points.

Les étranglements et les courbes très vives nuisent également à la libre entrée de la marée, et ont pour cette raison des conséquences non moins funestes pour le régime des fleuves.

Qu'on applique maintenant ces principes, qui nous paraissent fondamentaux et qui sont déduits d'une étude approfondie des rivières à marées des Pays-Bas, où ils ont déjà reçu leur application, à l'état actuel de l'Escaut dans la région de Bath.

N'est-il pas clair qu'à Bath il existe non seulement un coude, mais aussi un étranglement excessif (1) ?

Et cette circonstance n'est-elle pas la cause que c'est précisément à cet endroit que se trouve la traverse la plus sèche de tout le fleuve entre Anvers et la mer (2) ?

Mais, à notre avis, le barrage de l'Escaut oriental y apportera remède.

En effet, qu'on se représente le barrage exécuté, qu'est-ce qui en résultera ?

Il est permis de croire que la plage, située entre le barrage et l'Escaut occidental, s'envasera peu à peu pour se changer insensiblement en terres labourables ou schorres.

Ces schorres s'étendront, par suite, jusqu'au chenal principal et formeront le long de ce chenal une digue naturelle.

Le jusant ne pouvant plus alors s'écouler par-dessus ces digues sera forcé d'agir de toute son énergie sur la passe devant Bath qu'il tendra à élargir, d'autant plus que les terrains situés à sa rive droite, près d'Ossemtrecht, élevant insensiblement leur niveau jusqu'au-dessus des hautes eaux, le jusant agira sur la largeur de la passe dès la fin de l'étale de la haute mer.

D'un autre côté, la marée n'étant plus dérivée vers l'Escaut oriental et se trouvant contrainte de remonter en entier vers Anvers, il est à peu près certain qu'elle abandonnera le chenal de Bath et remontera par la passe dite *Schaar van de Noord* qui, étant le chenal où le jusant trouvera le plus de pente, sera aussi inévitablement suivi par le reflux.

Il est inutile d'observer comment, à la suite d'un si heureux changement, le coude actuel sur ce point sera diminué, en même temps que la passe s'élargira et que les vaisseaux, ne trouvant aussi bien à marée montante qu'à marée descendante qu'une seule direction de courant, navigueront avec plus de sécurité vers l'amont et vers l'aval.

Toutefois, qu'il se forme à la suite du barrage une nouvelle passe ou non, toujours est-il, à notre avis, que le chenal s'élar-

(1) Suivant la carte hydrographique de l'Escaut, la largeur de la passe entre les bouées, à Bath, n'est que de 300 mètres.

(2) *Annales des travaux publics de Belgique*, premier cahier, tome XXIII, p. 10; 1866.

gira, que par conséquent la marée entrera plus librement et que le reflux n'étant plus obstrué comme aujourd'hui, l'état du fleuve, *sur ce point*, s'améliorera.

En résumé, bien que tous les Membres de la Commission internationale admettent l'exposé qui commence ce rapport, ils n'en ont pas tiré des conséquences identiques.

D'accord pour admettre que le barrage projeté exercera un effet favorable sur le régime de l'Escaut supérieur, ils diffèrent d'opinion sur l'effet que ce barrage exercera sur le régime de l'Escaut occidental en aval de Bath; MM. les Commissaires belges sont d'avis que cet effet sera nuisible, tandis que MM. les Commissaires néerlandais croient qu'il sera favorable.

Berg-op-Zoom, le 12 septembre 1866.

Les Membres de la Commission internationale du barrage de l'Escaut oriental :

BEYERINCK — Henri MAUS.

P. CALAND. — E. BOUDIN.

CHRONIQUE

Sommaire. — Ponts à bascule à Rotterdam (suite et fin). — Manœuvre des signaux à distance. — Ventilation des édifices. — Câbles pour chemins de fer funiculaires.

Ponts à bascule à Rotterdam *(suite et fin)* (1).— Il y a deux paires de poutres par vantail, parce que chaque vantail se compose, dans sa longueur, de deux moitiés séparément assujetties sur l'axe et qu'on peut rendre indépendantes l'une de l'autre en enlevant leurs boulons de couplage, afin qu'en cas de réparation à la portée, on puisse toujours en conserver une demi-largeur pour la circulation.

Le calcul de la portée a été fait pour une charge uniforme de 400 kilogrammes par mètre carré de surface et pour une charge locale de 2,000 kilogrammes par essieu de voiture.

La portée des maîtresses poutres est établie au moyen d'un sabot en fer forgé, ajusté à l'extrémité de leur bord inférieur. Une entaille à la semelle du sabot embrasse un tampon d'acier fixé dans une platine en fer attenante à la culée.

Outre la charge de lest fixe arrêtée à demeure sur la culasse des fléaux de contrepoids, ceux-ci portent encore une charge mobile consistant en une masse de lestage glissant entre deux guides par l'effet d'une vis sans fin qu'on fait agir de la portée même au moyen de pignons et roues d'angle commandés par une longue clef.

Cet appareil est destiné à corriger les perturbations d'équilibre pouvant résulter de l'action sur la portée d'une forte insolation, d'une pluie abondante ou d'autres causes accidentelles. Chaque masse de lest mobile, contenue dans une auge appropriée, pèse 2,370 kilogrammes et a $2^m,70$ de course. L'inclinaison du plan de glissement est calculée de façon qu'on puisse toujours faire coïncider le centre de gravité de chaque bascule avec le centre de son axe de rotation.

Les axes de rotation des bascules ont $11^m,30$ de long. Comme les vantaux eux-mêmes, ils sont toutefois partagés en deux moitiés qu'on peut rendre indépendantes l'une de l'autre, ainsi qu'il en a été dit plus haut. Ils sont en fer forgé et leur diamètre, qui est de $0^m,34$ au point d'attache des fléaux, va en diminuant jusqu'à $0^m,25$ dans les coussinets où ils reposent.

Pour faciliter l'écoulement des eaux pluviales, le tablier bombe légè-

(1) Voir Chronique de novembre 1885, page 669.

rement de la voie des rails au bord des trottoirs, mais le dessus de ceux-ci est de niveau avec le milieu du tablier.

Afin de pouvoir ouvrir une moitié du tablier indépendamment de celle qui lui fait face et pour la dilatation par les changements de température, il était nécessaire de laisser un peu de jeu entre les bouts des vantaux.

Pour satisfaire en même temps à la condition de contre-boutée au repos, on a adopté la disposition suivante : à la tête des maîtresses poutres se trouvent des heurtoirs mobiles, rappelés contre la tête par des ressorts en spirale, mais qui, lors de la fermeture, peuvent être pressés contre la tête de la poutre opposée, au moyen de quatre coins en bronze associés par des barres transversales et qu'un pivot denté engrenant sur un pignon à longue clef fait mouvoir d'une façon uniforme.

Le poids de chaque vantail est d'environ 121 tonnes, dont 53 en fer laminé ou forgé.

Les bascules sont mues soit à la main, soit par une machine à gaz, mais, dans l'un ou l'autre cas, par l'intermédiaire de l'eau sous pression. Le mécanisme est logé dans des caveaux contigus à ceux qui reçoivent les fléaux de contrepoids. Le mouvement est appliqué à des bras dont est muni l'axe des bascules.

Ici on n'a pas employé la pression fournie par la distribution d'eau de la Ville. On a préféré une disposition spéciale d'appareil hydraulique où l'eau est mise sous pression, soit à main d'homme, soit par la machine à gaz. La pression peut ainsi être réglée à volonté.

Chaque bras de l'axe est relié par deux jumelles en treillis à la tête croisée de la tige du piston qui se meut dans le cylindre hydraulique. Lorsque le piston fournit toute sa course, le bras tourne de 40 degrés en deçà et au delà de la verticale, et le vantail s'ouvre ainsi à 80 degrés. Pour chaque vantail il y a deux pistons dont le mouvement est toujours exactement égal. L'eau est mise sous pression par deux pompes aspirantes et foulantes placées dans les caveaux. De crainte de la gelée, on s'était d'abord servi de glycérine diluée. Plus tard, on est revenu à l'eau ordinaire, qu'on préserve du froid en enveloppant une partie de la conduite et en tenant quelques becs de gaz allumés dans les caveaux.

L'eau est prise d'un réservoir où elle retourne après avoir servi. La distribution dans l'appareil est gouvernée par un robinet à quatre voies que le gardien manœuvre de la voie publique. A chaque bout des cylindres il y a une conduite bifurquée dont une branche se rend au cylindre du côté opposé de la bascule. Une coulisse verticale permet de régler à volonté la course des pistons de la pompe alimentaire. Ces pistons sont mus soit par la machine à gaz agissant par une bielle horizontale, dont les tiges de couplage ont prise sur un point de rotation au sommet de la coulisse, soit de la voie publique, à bras d'homme,

au moyen d'un tourniquet mettant en mouvement un axe vertical portant des excentriques dont le mouvement va s'appliquer à l'extrémité inférieure de cette même coulisse.

Le gardien ouvre et ferme le pont en agissant sur le robinet de distribution au moyen d'un levier dont une chaîne sans fin transmet le mouvement.

Les pompes de compression ont quatre cylindres fondus d'une seule pièce et placés paire à paire sur deux rangs avec les boîtes à clapets au milieu. Dans ces cylindres se meuvent des pistons plongeurs dont les deux de droite et les deux de gauche sont accouplés. Leur diamètre est de $0^m,118$, leur course maximum de $0^m,300$. Les tuyaux de conduite ont $0^m,035$ et $0^m,050$ de diamètre. La vitesse de l'eau n'y dépasse pas $1^m,50$ par seconde. Sur le parcours de la conduite, il y a des soupapes de sûreté réglées à 30 atmosphères.

Les cylindres moteurs des bascules ont 0^m262 de diamètre et la course de leurs pistons est de 1^m543. Les cylindres ont à chaque bout un matelas d'air contenu dans un petit réservoir mobile placé sur le dessus du cylindre et que des ressorts en spirale repoussent vers sa paroi. Jusqu'à dix atmosphères de pression l'air comprimé agit seul. Si la pression dépasse 10 atmosphères, les ressorts entrent en jeu jusqu'à 30 atmosphères, limite à laquelle fonctionnent les soupapes de sûreté.

Le moteur à gaz, système Otto, de 7 1/2 chevaux de force, est à cylindre horizontal et fait 160 tours par minute. A raison du rapport d'engrenage, les pompes travaillent à douze coups dans le même espace de temps.

La vitesse angulaire de la bascule du pont se règle au moyen de la coulisse. Au maximum de longueur de celle-ci, qui est de 0^m20, correspond un minimum de temps de 54 secondes pour l'ouverture du pont.

La pression de l'eau est ordinairement de 3 kilogr. par centimètre carré, mais peut être portée beaucoup plus haut.

L'augmentation de la pression n'a toutefois d'autre résultat que d'accroître la consommation de gaz, autrement assez modérée, sans accélérer le mouvement des bascules.

Manœuvre des signaux à distance. — On a récemment appliqué sur un embranchement du Philadelphia and Reading Railroad, entre East Mahanoy Junction et Tamanend, un système particulier de commande des signaux à distance qui paraît assez intéressant. Il s'agissait de faire fonctionner un sémaphore à 335 mètres avec des courbes de 400 et 275 mètres de rayon.

Au lieu de faire reposer le fil sur des poulies au-dessus du sol, on l'a fait passer dans un tuyau plein d'huile enterré dans le sol. Le fil a

5 millimètres de diamètre, le tuyau en fer galvanisé, 20 millimètres ; ce dernier porte aux deux extrémités des presse-étoupes pour le passage du fil. L'huile employée est de l'huile ordinaire à graisser les wagons avec addition d'un quart d'huile minérale raffinée pour prévenir l'épaississement par le froid. On remplit la conduite par une petite cheminée ménagée à la partie la plus élevée.

L'expérience a prouvé que cette disposition réussit parfaitement ; elle donne toute sécurité contre les dérangements, permet de ne pas tenir compte de la dilatation, le fil étant à une température à peu près constante ; elle supprime les galets de support et les poulies de déviation et coûte sensiblement le même prix, 80 fr. 70 au lieu de 81 fr. 30 par 100 mètres de longueur.

Ventilation des habitations. — Dans un travail sur la ventilation des habitations lu devant la *Western Society of Engineers* par M. A. W. Wright, on trouve le calcul suivant pour la détermination de la ventilation des écuries et étables.

D'après diverses autorités, telles que Pettenkofer, de Chaumont, Parkes, etc., on peut admettre qu'un homme au repos exhale 265 centimètres cubes d'acide carbonique par chaque kilogramme de son poids et par heure. Dans les mêmes conditions, il exhale 7,450 centimètres cubes d'air.

Si n est le nombre de kilomètres qu'un homme parcourt en une heure (ou l'équivalent de ce parcours s'il fait un autre travail), la quantité d'acide carbonique dégagée par heure et par kilogramme du poids de l'homme devient :

$$0{,}265 + 0{,}083\ n \qquad (1)$$

et la quantité d'air :

$$7{,}450 + 0{,}52\ n \qquad (2)$$

M. Wright admet qu'un bœuf ou un cheval a six fois la capacité respiratoire d'un homme ; c'est le chiffre qui résulte d'observations faites dans des mines où les chevaux employés au roulage ont à peu près six fois le poids moyen d'un mineur ; il en résulte qu'on peut prendre les mêmes chiffres par kilogramme pour l'homme et les animaux de trait.

Soient maintenant :

V le volume d'air à déterminer ;
T le temps compté en heures ;
P le poids de l'homme ou des animaux en kilogrammes ;

x la proportion d'acide carbonique admissible sans inconvénient dans l'air en sus de celle qui existe déjà normalement dans l'atmosphère.

On a :

$$V = \frac{(0{,}265 + 0{,}083\ n)\ PT}{x} \qquad (3)$$

Les meilleures autorités admettent que la proportion d'acide carbonique ne doit pas dépasser 6 dix-millièmes ; comme il en existe déjà environ 4 dans l'air ordinaire, on a pour x la valeur 0,0002.

En comptant pour un cheval ordinaire d'attelage un poids de 500 kilogrammes, en prenant pour n la valeur de 0,4 kilomètres représentant le mouvement qu'un cheval peut faire à l'écurie, et en introduisant ces données dans la formule (3) on trouve que dans ces conditions il faut un volume d'air de 745 mètres cubes par cheval et par heure.

Si le cheval est considéré comme au repos absolu, n devient nul et le volume est réduit à 662 mètres cubes à l'heure.

La formule (3) est d'une application générale.

Les chiffres ci-dessus sont élevés parce qu'on a pris pour x une valeur assez basse. Certains auteurs admettent qu'on peut tolérer une proportion plus élevée d'acide carbonique dans l'air et vont jusqu'à 1 millième, ce qui donnerait pour x la valeur 0,0006 ; le volume d'air serait ainsi réduit à 221 mètres cubes par heure pour un cheval au repos. Toutefois, si on doit ajouter foi aux chiffres donnés par Angus Smith, Parkes et Pettenkofer, on doit éviter d'arriver à ces proportions d'acide carbonique.

Câbles pour chemins de fer funiculaires.—Nous trouvons dans le rapport à l'assemblée générale des actionnaires du chemin de fer de Lausanne à Ouchy quelques renseignements intéressants sur le coût, la durée et la dépense journalière des différents câbles mis en service depuis l'ouverture des deux lignes Lausanne-Ouchy et Lausanne-Gare. Ces éléments sont contenus dans le tableau page 414.

Nous rappellerons que la longueur du chemin de fer de Lausanne à Ouchy est de 1,500 mètres en nombre rond, dont 320 pour la section entre la gare de la Suisse Occidentale et Lausanne; les inclinaisons sont de 55 et 116 millièmes. (Voir Société des Ingénieurs civils, séance du 2 octobre 1874.) Le service est assez actif, il y a de 50 à 60 trains par jour dans chaque sens. Les recettes brutes du chemin de fer ont été, en 1885, de 94,546 francs pour le Lausanne-Ouchy et de 38,684 francs pour le Lausanne-Gare, soit ensemble 138,230 francs.

	COUT	DURÉE	MOYENNE PAR JOUR	
	francs	jours	francs	
1er câble Lausanne-Ouchy	15.572 15	847	18 38	Acier anglais trempé.
2me —	(1) 8.366 »	231	10 28	» du Creusot non trempé
3me —	8.466 45	603	14 04	» anglais »
4me —	7.981 95	759	10 51	» »
5me —	10.682 10	845	12 64	» » trempé
6me —	10.249 60	du 7 septembre 1883 au 31 décembre 1885 en magasin	encore en service au 31 décembre 1885 —	» » »
1er câble Lausanne-Gare.	1.344 15	550	2 44	Acier du Creusot non trempé
2me —	1.698 70	825	2 05	» anglais »
3me —	1.519 20	843	1 80	» » »
4me —	1.357 55	du 9 septembre 1883 au 31 décembre 1885 en magasin	encore en service au 31 décembre 1885 —	» » »

(1) Le 2me câble Lausanne-Ouchy, reconnu de mauvaise qualité, a été repris par le fabricant pour la somme de 5,990 francs.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

MARS 1886

Rapport de M. Ed. Simon sur la **machine à coudre** de MM. Perenot et Schor.

Il s'agit d'une machine à coudre à deux fils et à crochet rotatif, caractérisée par la simplification des mouvements et l'économie des ajustages, dont le résultat a été le prix de 75 francs, très modéré pour un outil de ce genre, destiné aux ouvrières ne demandant la force motrice qu'à elles-mêmes.

Rapport de M. le colonel Goulier sur les **compteurs d'eau système Frager** présentés par leur constructeur M. Ch. Michel.

Les compteurs d'eau construits par M. Ch. Michel sont au nombre de deux ; ils appartiennent au système volumétrique; l'un est à cylindres verticaux, l'autre à cylindres horizontaux.

L'appareil comporte deux cylindres accolés dans lesquels se meuvent des pistons garnis de rondelles de caoutchouc; l'eau en pression agit sucessivement sur les deux faces de chaque piston. Les pistons ont des tiges qui traversent des presse-étoupes et qui agissent sur un distributeur à tiroir ; ces tiges produisent également l'enregistrement des mouvements des pistons sur un compteur.

Le réglage de l'appareil se fait bien simplement. On vérifie l'appareil en lui faisant débiter un volume d'eau connu, puis on modifie le nombre des dents de roues du compteur, de telle sorte que le volume inscrit corresponde au volume débité.

Le type à cylindres horizontaux a été construit le premier et il en a été fait déjà 60,000 exemplaires; le second type, plus récent, présente quelques avantages sur le premier, notamment au point de vue de la commodité du démontage et de la facilité des lectures.

Rapport de M. Mascart sur une communication de M. Melsens sur **les paratonnerres**.

On sait que le principe de M. Melsens, dont la science déplore la

perte récente, consiste à enfermer l'édifice à protéger dans une cage conductrice munie d'aigrettes nombreuses et reliées au sol par plusieurs communications de grande surface.

Ce système a été employé en Belgique et dans diverses autres contrées. Dans le premier de ces pays, on peut citer notamment l'Hôtel de ville et le Palais de justice de Bruxelles. Le premier de ces édifices, où les nouveaux paratonnerres ont été établis dès 1865, n'a jamais été frappé depuis par la foudre et on n'a trouvé aucune trace d'altération sur les 500 pointes qui le surmontent.

Ce rapport est suivi d'une notice de M. Melsens, décrivant son système de paratonnerres avec l'application à l'Hôtel de ville de Bruxelles illustrée d'un grand nombre de figures.

Discours prononcés aux obsèques de M. JAMIN, membre de l'Institut, par MM. J. BERTRAND, TROOST, le colonel SEBERT.

Note sur **l'application de l'éclairage à l'huile minérale** aux voitures de la Compagnie d'Orléans.

La nécessité d'éloigner le réservoir d'huile de la flamme, dans le cas des huiles minérales, oblige à modifier la forme des lampes. Le réservoir est disposé en forme de tore à section triangulaire en tôle d'acier étamée ; une double enveloppe sépare complètement la chambre de combustion du réservoir, l'appel produit par la chaleur de la flamme détermine une circulation d'air qui rafraîchit constamment le réservoir d'huile. La mèche est plate et la flamme s'étale horizontalement en se relevant un peu vers les bords sous l'influence du courant d'air; elle donne une lumière régulière et bien blanche.

L'huile employée par la Compagnie d'Orléans est une huile assez lourde, dont la densité est de 0,826 à + 16 degrés centigrades et qui ne s'enflamme qu'à + 126 degrés.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

Note historique sur le **service hydrométrique du bassin de la Seine** par M. G. LEMOINE, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Ce service a été fondé en 1854 et confié à M. Belgrand depuis cette date jusqu'en 1878; il a été complété récemment par la diffusion des

avertissements pour l'approche des inondations et l'organisation de services locaux et secondaires d'avertissements dans les parties supérieures du bassin.

Cette note se termine par la reproduction des règles données par M. Belgrand, pour l'annonce des crues de la Seine, règles qui sont toujours celles dont se sert le service hydrométrique.

Notions sur le **phénomène des marées** par M. P. Hatt, ingénieur hydrographe; note par M. de Preaudeau, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Cette note comprend le résumé des anciennes théories de Newton et de Laplace sur la cause des marées, l'étude des oscillations d'un liquide dans des canaux orientés dans le plan de l'équateur ou dans un plan méridien et la théorie générale de la marée.

Cette théorie diffère de celle de Laplace, en ce que cette dernière admet comme cause des courants les différences de pression engendrées par les différences de pesanteur résultant de l'action de la lune sur les particules liquides, en raison de la différence entre leur distance à cet astre et celle du centre de la terre, tandis que M. Hatt estime, au contraire, que le phénomène tient, avant tout, à une modification de la verticale sous l'influence de l'attraction des astres, et non à un changement toujours inappréciable de l'intensité de la pesanteur.

Note sur le **prix de revient des transports par chemins de fer,** par M. W. Nordling, ancien directeur général des chemins de fer au Ministère du Commerce à Vienne.

Les prix de revient des transports par chemins de fer peuvent s'établir de diverses manières, suivant le but qu'on se propose. Ainsi, pour le calcul du coût sur un chemin de fer à établir, on doit faire entrer en ligne de compte l'intérêt du capital d'établissement. Mais souvent la question se pose autrement. Sur un chemin de fer en exploitation, ce qu'il importe de connaître, c'est le supplément de dépense nécessaire pour transporter une tonne kilométrique en plus; on conçoit que les intérêts du capital n'entrent pas en ligne de compte, puisqu'ils sont une charge permanente, invariable, indépendante des variations du tonnage, à moins que les transports prévus n'exigeassent de nouvelles dépenses d'établissement, ce qu'on ne suppose pas *a priori.*

M. Nordling adopte la formule généralement usitée en France, laquelle suppose qu'un voyageur kilométrique équivaut à une tonne de marchandises.

Le prix de revient de la tonne kilométrique ressortissant pour les chemins de fer autrichiens pour 1,000,000 d'unités (voyageurs et marchandises) à 2 centimes en moyenne, l'auteur, se demandant ce que coûteraient 500,000 tonnes supplémentaires à transporter, avait trouvé,

par la discussion des éléments des dépenses d'exploitation, que le prix de revient d'une tonne kilométrique supplémentaire ne formait que 55 p. 100 du prix moyen des transports effectués et ne dépassait pas 1, 4 centimes pour les lignes autrichiennes à moyen trafic et 1 centime pour les lignes à grand trafic.

En serrant la question d'un peu plus près et en prenant en particulier les cas du chemin de fer du Nord-Empereur-Ferdinand et de la ligne Dux-Bodenbach, M. Nordling est arrivé a établir avec une très grande approximation la variation du prix de transport de la tonne kilométrique avec le trafic, ce prix se composant d'une constante et d'une partie diminuant à mesure que le trafic augmente.

En généralisant ces résultats au moyen de considérations dans le détail desquelles il est impossible d'entrer ici, il arrive à établir des relations représentées par un tracé graphique dont les résultats traduits en langue vulgaire sont que, pour les chemins de fer autrichiens,

les premières	250,000	unités	coûtent c.	3 28	soit par kilomètre	8,200 francs
les	250,000	suivantes		1 76	—	4,400 —
—	250,000	—		1 60	—	4,000 —
—	250,000	—		1 44	—	3,600 —
—	250,000	—		1 28	—	3,200 —
—	250,000	—		1 04	—	2,600 —
Ensemble	1,500,000	unités		1 74	—	26,000 francs

tonnes ou voyageurs)

Nous citerons ici une conclusion fort curieuse résultant de ces considérations: c'est qu'un réseau homogène est plus onéreux à exploiter qu'un réseau ayant le même trafic moyen, mais composé de lignes à fort trafic et de lignes à faible trafic, à la condition bien entendu, qu'il ne figure pas dans ces dernières de lignes ne couvrant pas leurs frais d'exploitation.

Note sur **les viaducs métalliques à grandes portées**, par M. Leygue, Ingénieur auxiliaire des travaux de l'État.

L'auteur part du principe que les poutres droites sont préférables aux arcs, au double point de vue de l'économie de matière et des facilités de montage et il se borne, en conséquence, à l'examen des questions suivantes concernant exclusivement les poutres droites :

Les piles seront-elles en maçonnerie ou en metal ?
Quel sera le nombre des travées ?
Quel sera le métal du tablier, fer ou acier ?
Quel sera le procédé de mise en place ?

Le mémoire établit que le point de démarcation entre l'emploi pour les piles du métal et des maçonneries dépend moins directement des

rix élémentaires du fer, de la fonte et des maçonneries, lesquels se neuvent dans des limites resserrées, que de la résistance des matériaux lont on dispose ; avec des maçonneries communes dont la résistance ne lépasse pas 6 kilogrammes par centimètre carré, la hauteur limite des iles peut être de 30 mètres environ ; elle est de 50 mètres pour 9 kilogrammes et s'élève au-dessus de 100 mètres pour 12 kilogrammes.

Les pays accidentés nécessiteront seuls en général l'emploi de grands iaducs ; ils fournissent presque toujours des matériaux capables d'une ésistance égale et supérieure même à 10 kilogrammes ; donc, tout conidéré, l'emploi des piles métalliques devra être l'exception.

Le prix de l'ouvrage comprendra donc celui des maçonneries qui augente avec le nombre des piles et celui du métal qui diminue en même emps que le nombre des travées augmente.

Par des considérations que nous ne pouvons reproduire ici, l'auteur rrive à déterminer n nombre des travées donnant la solution la plus conomique pour franchir un débouché L, par la formule très simple :

$$n = \mathrm{L}\left(\frac{1 + 3\mu}{y - \mu\mathrm{L}}\right)$$

ans laquelle μ et y sont des coefficients dépendant des dépenses des açonneries et du métal.

S'il arrive que n correspond à des nombres pairs de piles et que ce ombre soit faible, dans ce cas on prend le nombre impair immédiatement au-dessus, parce qu'en général la construction d'une pile au point plus bas d'une vallée est une solution peu avantageuse et d'un effet isagréable.

Le mémoire étudie ensuite le choix à faire entre le fer et l'acier et économie à retirer de l'emploi de ce dernier.

L'avantage à en obtenir consiste dans la réduction de la hauteur des outres dans le rapport de 1 à 0,86, ce qui est important pour les grandes hauteurs, dans la réduction, dans un rapport à peu près égal au récédent, des sections des tables et dans un plus grand rapport des sections des treillis, dans une moindre tendance des poutres à la déformaon pendant l'opération du lançage et enfin, dans la réduction aux dixièmes du poids du tablier, ce qui amènera nécessairement une rtaine économie. L'emploi de l'acier est donc à adopter pour les andes portées.

Sur le dernier point le procédé de mise en place, M. Leygue conclut l'emploi au delà de 100 mètres des poutres demi-continues à jonction ntrale, qui permet :

1° Un lançage sans fatigue ni déformation dangereuse ;
2° La certitude sur la répartition des efforts intérieurs ;

3° Le rapport de 3 à 5 environ entre les efforts de l'ouvrage libre et en service ;

4° L'économie de matière ;

5° La forme de poutre en comble droit, spécialement avantageuse pour résister au renversement sous l'effort du vent.

La note se termine par l'application des considérations précédentes au projet du viaduc de Viaur sur la ligne de Carmaux à Rodez. Le niveau du rail serait à 113 mètres au-dessus du fond de la vallée, la longueur du viaduc de 370 mètres ; il y aurait trois travées, deux de rive, de 98m 50 chacune et une centrale de 167m 50.

Un dernier mot sur **la poussée des voûtes,** par M. L. Durand-Claye, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Note sur **le ciment à prise prompte,** provenant des usines de la Société anonyme des ciments français et des portland de Boulogne-sur-Mer et de Desvres, par M. Monmerqué, ingénieur des Ponts et Chaussées.

Note sur **l'extraction mécanique du sable et des pierres à casser,** par M. Mazoyer, ingénieur des Ponts et Chaussées.

L'extraction du ballast d'une partie de la ligne d'Arron à Nogent se fait au moyen d'un excavateur dont les godets déchargent sur une grille inclinée ; de plus, une pompe mue par la machine de l'excavateur donne un débit d'eau abondant qui entraîne le sable et nettoie parfaitement les pierres qui tombent dans les wagons ; l'eau chargée de sable retourne à la fouille. Le chargement d'un mètre cube de moellons siliceux de toute grosseur ne demande ainsi que 2 minutes, c'est-à-dire pas beaucoup plus de temps que pour le tout-venant.

Note sur **les conditions d'emploi de l'acier,** dans les ponts métalliques à poutres droites en France, par M. Mazoyer, ingénieur des Ponts et Chausssées.

Cette note indique que l'emploi de l'acier vient d'être autorisé pour deux ponts, l'un de 57 mètres et l'autre de 13 mètres sur la ligne de Tours à Sargé. Le métal employé devra avoir une limite d'élasticité de 24 kilogrammes, une résistance à la rupture de 44 et un allongement minimum avant rupture de 24 p. 100.

COMPTES RENDUS MENSUELS

DE LA SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

District du Nord

Réunion du 21 février 1886, à Douai.

Communication de M. François, ingénieur en chef des mines d'Anzin, sur **l'emploi des pulsomètres.**

Le pulsomètre a été appliqué pour un approfondissement; il s'agissait d'enlever de 600 à 1,000 hectolitres par 24 heures. Un premier appareil a servi jusqu'à 32 mètres, la pression de la vapeur qui n'était que de 4 kilogr. ne permettant pas d'aller au delà; on a répété l'installation en faisant puiser un second pulsomètre dans une bâche ou déchargeait le pulsomètre inférieur ; ce second pulsomètre amenait l'eau dans le puisard de la pompe souterraine; on a pu aller ainsi à une profondeur de 260 mètres.

Note sur **l'emploi du perforateur Eclipse** à la fosse n° 7 des mines de Courrières, communication de M. Fontaine.

Ce perforateur, employé à des galeries de travers-bancs, a donné dans un terrain composé de grès et de roc un avancement de 1m,30 par jour d'un côté et de 1m,07 de l'autre. Le nombre moyen des trous a été de 17 par avancée sur un front d'attaque de 4m,50 de surface, les trous ayant 1 mètre de longueur. On a mis en moyenne 7 heures 22 pour la perforation et 6 heures 15 pour l'abatage, compris enlèvement des déblais et remise en place des appareils.

Le mètre d'avancement a coûté en moyenne 100 francs en nombre rond.

La note conclut à la supériorité du perforateur Eclipse sur le Dubois François qui, dans un terrain analogue, mais un peu plus difficile, il est vrai, aurait conduit à un prix de revient de 115 francs pour le mètre de galerie.

Communication de M. Malissart sur un nouveau **mode de fermeture et d'ouverture automatique,** manœuvrable à la main pour caisses de wagons basculant dans les deux sens.

Cet appareil appliqué sur 50 wagons à deux caisses mobiles de la Compagnie d'Anzin serait difficile à expliquer en l'absence des figures qui accompagnent la communication.

Communication de M. François, sur le **Ventilateur Ser.**

Ce ventilateur expérimenté pendant plus d'un an à la Compagnie d'Anzin a donné les meilleurs résultats. On a obtenu un rendement manométrique de 0,93 avec le type de 2 mètres de diamètre, et de 0,85 avec le type de $1^m,40$.

Construit en tôle, cet appareil est facilement démontable et transportable.

Communication de M. Maillard sur **l'emploi de la dynamite et de la dynamite-gomme dans les mines.**

Installation d'une turbine pour exploitation par descenderie, communication de M. Tyrode.

Au puits Saint-Pierre des mines de Thivencelles et Fresnes-Midi, on a installé une descenderie de 70 mètres. On a employé comme moteur une turbine Feray mue par l'eau provenant du puits Saint-Pierre à 60 mètres de hauteur ; cette turbine tourne à 1,250 tours par minute. Il y a deux couronnes placées en sens inverse, l'une pour la marche en avant, l'autre pour la marche en arrière ; on envoie l'eau sur celle qu'on veut. L'eau est amenée par des tuyaux Chameroy, éprouvés à 15 atmosphère.

L'installation a coûté 3,332 francs.

Communication de M. Breton sur le **creusement des puits par injection d'eau comprimée.**

L'auteur propose de creuser des puits par la méthode employée pour les pieux dans laquelle on opère en envoyant dans une rainure pratiquée le long du pieu un jet d'eau comprimée qui fait un trou dans le sable et laisse descendre facilement le pieu.

Ce procédé, appliqué dès 1877 au port de Calais, a permis de réaliser de grandes économies. On s'en sert également à Calais pour enfoncer les blocs (1).

Note de M. Breton sur une nouvelle **théorie de la formation de la houille.**

Communication de M. Cambessèdes sur les **lampes de sûreté.**

(1) Il est bon de rappeler que ce procédé, employé pour la première fois par notre très regretté collègue Quéruel, a été décrit par lui dans la séance de la Société du 1er juin 1877, soit six semaines avant la première application qui en a été faite à Calais, laquelle, d'après MM. Stoecklin et Vétillard, Ingénieurs en chef des Ponts et Chaussées, remonterait au 10 juillet 1877.

DISTRICT DU SUD-OUEST

Séance du 7 mars 1886.

Communication de M. VILLOT sur **l'usage de la burette gazométrique Villot.**

Communication de M. VEILLON, sur le **touage par chaîne sans fin.**

Il s'agit du système préconisé par M. Dupuy de Lôme et expérimenté sur le Rhône par M. Zedé. (Voir chronique de décembre 1883, page 733.)

Communication de M. VIALLA sur la **machine d'épuisement installée à la mine de fer de Travers (Bessèges).**

Cette machine, établie pour épuiser 4,000 mètres cubes par 24 heures, a une pompe à piston plongeur de $0^m,425$ de diamètre et $1^m,500$ de course installée sur quatre roues de manière à pouvoir descendre sur des rails à mesure que la descente formant plan incliné est dénoyée. Les pompes sont au nombre de deux ; chacune est mue par un cylindre à vapeur de $0^m,38$ de diamètre et $0^m,900$ de course commandant un arbre qui actionne par des engrenages dans le rapport de 1 à 5,3 un autre arbre lequel met en mouvement des tiges qui commandent les pistons des pompes. La vapeur est fournie par trois chaudières Belleville placées à l'intérieur et dont les fumées sortent par le puits ou par une retombée faite à cet effet dans la couche jusqu'à son affleurement.

Note de M. RIGAUD sur les **divers systèmes de soutènement** employés dans les mines de Rochebelle.

RÉUNIONS DE SAINT-ÉTIENNE

Séance du 6 mars 1886.

Communication de M. CLERMONT sur le **chauffage par les huiles minérales.**

Cette note rappelle d'abord les diverses tentatives faites pour l'emploi des huiles minérales comme moyen de chauffage et donne quelques détails sur les essais de la Compagnie Fraissinet effectués par MM. d'Allest et Soubiran : la vaporisation normale de 13 kilogr. 15 par kilo-

gramme de combustible et 18,08 par mètre carré de surface de chauffe a pu être poussée jusqu'à 34,97 kilogrammes par mètre carré, avec un rendement de 11,83 de vapeur pour 1 de combustible. Le naphte était entraîné par un courant de vapeur; M. d'Allest a cherché à produire la pulvérisation de l'huile uniquement par l'air de combustion pour éviter la dépense de vapeur qui est élevée.

Communication de M. CHANSELLE, sur la **clodeine fend-pierre**

C'est un liquide qu'on verse dans le trou de mine en même temps que le bourrage et dont l'effet est de faire faire prise à ce dernier de manière à opposer une résistance absolue au débourrage et à l'échappement des gaz; l'effort de ceux-ci se reporte sur le rocher et produit un effet plus grand.

Diverses expériences faites entre autres aux carrières de Quenast semblent indiquer un certain avantage.

Communication de M. ZYROMSKY sur la **théorie cellulaire des propriétés de l'acier,** de MM. Osmond et Wert.

L'analyse de cette théorie a été donnée dans les *Comptes rendus* de janvier 1886, page 93.

Communication de M. SIMON, sur les **générateurs sans foyer à soude caustique.**

Il est indiqué que, dans des essais faits en 1885 avec une machine du système Honigmann sur le tramway d'Aix-la-Chapelle, on a pu, avec une chaudière de 10 mètres carrés de surface, vaporiser 800 litres en 40 minutes, ce qui correspond à 1,350 litres à l'heure ou 135 par mètre carré. On peut employer des chaleurs perdues pour concentrer de nouveau la dissolution de soude. Le point délicat semblerait être l'altération des chaudières en présence du liquide alcalin.

SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DE MULHOUSE

MARS-AVRIL 1886.

Rapport annuel présenté par M. W. GROSSETESTE, secrétaire général :

Mouvement de la caisse industrielle.

Composition des divers comités.

Liste des membres.

Rapport général sur la marche de **l'Association alsacienne des propriétaires d'appareils à vapeur,** à la fin de son dix-huitième exercice, 1885, présenté à l'assemblée générale du 27 janvier 1886.

Situation de la caisse de l'Association alsacienne des propriétaires d'appareils à vapeur au 31 décembre 1885, présentée par M. Th. Schlumberger.

Rapport de M. Walther-Meunier, ingénieur en chef de l'Association alsacienne des propriétaires d'appareils à vapeur, sur les travaux exécutés sous sa direction du 1er janvier au 31 décembre 1885.

Rapport présenté par MM. Paul Heilmann-Ducommun et Gustave Dollfus, sur **l'installation des grues à vapeur** au nouveau bassin de Mulhouse.

C'est en 1879 que s'est réalisée la création, au nouveau bassin de Mulhouse, d'un déchargement par grues à vapeur pour les houilles. Le tonnage de celles-ci arrivant par eau étant de près de 70,000 tonnes par an, il y avait un intérêt sérieux à réduire les frais de déchargement.

L'installation comprend une voie ferrée longeant le franc-bord du bassin sur laquelle se déplacent deux grues à vapeur; au delà et parallèlement est une autre voie où circulent les wagons des tramways de Mulhouse. Les grues à vapeur reçoivent dans des bennes la houille des bateaux et la déversent dans les wagons.

L'installation a coûté 24,000 francs pour les deux grues, 1,000 pour quatre bennes à fond mobile et 6,000 pour 200 mètres de voies; total, 31,000 francs.

Le coût du déchargement à quai d'un bateau de 180 tonnes est de 53 fr. 97, y compris intérêt et amortissement à 10 0/0, ce qui donne 30 centimes par tonne, soit à peu près la moitié du prix du déchargement à la main.

Le déchargement et chargement sur wagon de tramway avec pesage revient à 38 1/2 centimes par tonne.

Cette opération est facturée 60 centimes, par la compagnie qui exploite les appareils de déchargement; elle compte également 11 1/2 centimes la tonne pour le déchargement de la houille à domicile du destinataire; c'est un total de 71 1/2 centimes, alors que le déchargement à bras, pesage et transport en voitures coûtait environ 1 fr. 50; c'est une économie de près de 80 centimes par tonne qui fait un chiffre annuel de 56,000 francs pour la consommation de l'industrie de Mulhouse.

On a ajouté depuis une troisième grue à vapeur, placée au chantier du tramway et faisant le transbordement des bateaux sur les wagons du chemin de fer.

Ces grues sont de divers systèmes ; la grue n° 1, construite par Weismülle, à Francfort, a deux cylindres verticaux de 120 millimètres de diamètre et 220 de course qui agissent sur le treuil.

La benne pèse 320 kilogs et contient 1,400 kilogs de houille.

La grue n° 2 a été construite par X. Flühr ; les cylindres de 150 de diamètre et 210 de course sont inclinés l'un vers l'autre à 45 degrés de la verticale. La benne a le même poids et la même capacité que la précédente, et en mouflant la chaîne on peut soulever des charges de 5,000 kilogs.

La grue n° 3, de Mohr et Federhoff, à Manheim, a une disposition spéciale ; les deux cylindres de $0^m,415$ de diamètre ont leurs tiges attelées aux extrémités d'un axe qui porte trois poulies à gorge; la chaîne passe alternativement sur ces poulies et sur d'autres portées par un axe parallèle au premier, mais fixe. On conçoit que si les deux axes s'écartent l'un de l'autre, la benne fixée à l'extrémité de la chaîne se déplacera de la quantité dont les axes des poulies se seront écartés l'un de l'autre multipliée par le nombre des brins ; cette grue est munie d'un frein hydraulique. Le poids et la contenance de la benne sont les mêmes que précédemment. Les bennes sont en forme de tronc de pyramide avec deux clapets à charnière à sa base.

Note de M. Scheurer-Kestner sur la **chaleur de combustion de la houille,** déterminée récemment par deux expérimentateurs.

Note sur l'**action de quelques bases aromatiques** sur le bistre de manganèse, par M. F. Rettig.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 11. — 13 *Mars* 1886.

Combustion dans les moteurs à gaz, par R. Schottler.

Construction des diagrammes d'expansion de la vapeur dans les machines à un ou plusieurs cylindres, par Eickenrodt.

Machines à effilocher, par Herm. Fischer *(suite)*.

Groupe de la Lenne. — Machine à écrire avec caractères d'imprimerie, dite *Wesphalia*.

Patentes.

Correspondance. — Travail d'aspiration des pompes à air des machines à vapeur.

Variétés. — Construction de navires en Allemagne.

N° 12. — 20 *Mars* 1886.

Machines à effilocher, par Herm. Fischer *(suite)*.

Combustion dans les moteurs à gaz, par R. Schottler *(fin)*.

Machines des industries textiles à l'Exposition universelle d'Anvers en 1885, par Ernst Müller *(fin)*.

Groupe de la Lenne. — Décapage des fils métalliques.

Patentes.

Bibliographie. — Technologie des graisses et huiles végétales et animales, par le docteur Schaedler. — Technologie des graisses et huiles minérales, par le même.

Variétés. — Prix et concours. — Statistique de l'administration impériale des patentes pour 1885. — Accidents survenus dans les mines de Prusse pendant l'année 1884.

N° 13. — 27 *Mars* 1886.

Calcul graphique des régulateurs à force centrifuge, par G. Hermann.

Chemins de fer. — Locomotives de construction récente.

Jurisprudence. — Jugement du tribunal de l'Empire du 30 janvier 1886 concernant les patentes n^{os} 532-2,735 et 14,254 de la fabrique de moteurs à gaz de Deutz.

Groupe de Cologne. — Principe de l'électro-technique. — Assurances contre les accidents. — Machines dynamo-électriques.

Groupe de Schleswig-Holstein. — Séries métriques pour pas de vis.

Association des chemins de fer. — Freins continus sur les chemins de fer de l'État prussien.

Patentes.

Bibliographie. — Dictionnaire de Otto Sarrazin. — Principes de la préparation mécanique des minerais, de M. Haton de la Goupillière, traduction allemande de V. Rauscher.

Correspondance. — Établissement royal d'essais mécaniques et technologiques de Berlin-Charlottenburg.

Variétés. — Statistiques concernant l'École technique supérieure de Berlin.

N° 14. — 3 *Avril* 1886.

Machines à effilocher, par Herm. Fischer *(suite)*.

Étude historique sur la navigation du Rhin, par C. Dietze.

Mines. — Exploitation des houillères royales de Saarbrück, par R. Nasse.

Jurisprudence. — Retrait d'une patente.

Groupe de Breslau. — Procédé Kudlicz pour la réparation des tuyaux en fonte. — La première machine à vapeur établie en Allemagne.

Groupe de Westphalie. — État actuel de l'enseignement supérieur.

Patentes.

Correspondance. — Construction navale.

N° 15. — 10 *Avril* 1886.

Calcul graphique des régulateurs à force centrifuge, par G. Hermann *(fin)*.

Machines pour la fabrication du papier et des papiers peints à l'Exposition universelle d'Anvers, par Ernst Muller.

Construction navale. — Méthode simple pour le calcul de la flottaison d'un navire dans le cas de l'introduction d'eau par une ouverture à travers le bordé de la coque, par M. Max Walter.

Groupe de Bavière. — Résistance des matériaux basée sur les expériences de Wohler.

Groupe de Hanovre. — Navigation intérieure. — Les grandes machines à vapeur à l'Exposition d'Anvers.

Groupe de Hesse. — Fabrique de papier de Niederkanfungen. — Fabrique d'objets en acier de A. Hirsch et C^ie^, à Cassel. — Tissage mécanique de Frohlich et Wolff, à Cassel.

Patentes.

Bibliographie. — Roues hydrauliques, par C. Bach. — Essai sur la construction des ponts, par le docteur G. Winkler.

N° 16. — 17 *Avril* 1886.

Cahiers des charges pour la fourniture de travaux métalliques.

Théorie de la combustion dans les moteurs à gaz, par A. Slaby.

Développement de l'industrie du sucre brut, par le docteur Ferd. Fischer.

Machines à effilocher, par Herm. Fischer *(suite)*.

Mines. — Exploitation des houillères royales de Saarbrück, par R. Nasse *(suite)*.

Métallurgie. — Appareils de prise de gaz de Langen.

Groupe de la Haute-Silésie. — Expériences sur l'usure des câbles d'extraction.

Groupe de Magdebourg. — Régulateurs. — Séries métriques pour pas de vis.

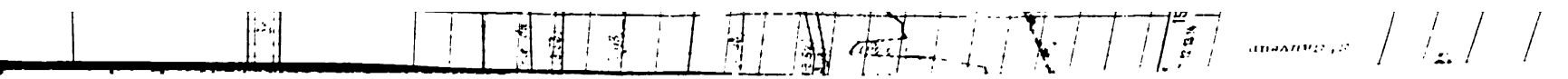
Patentes.

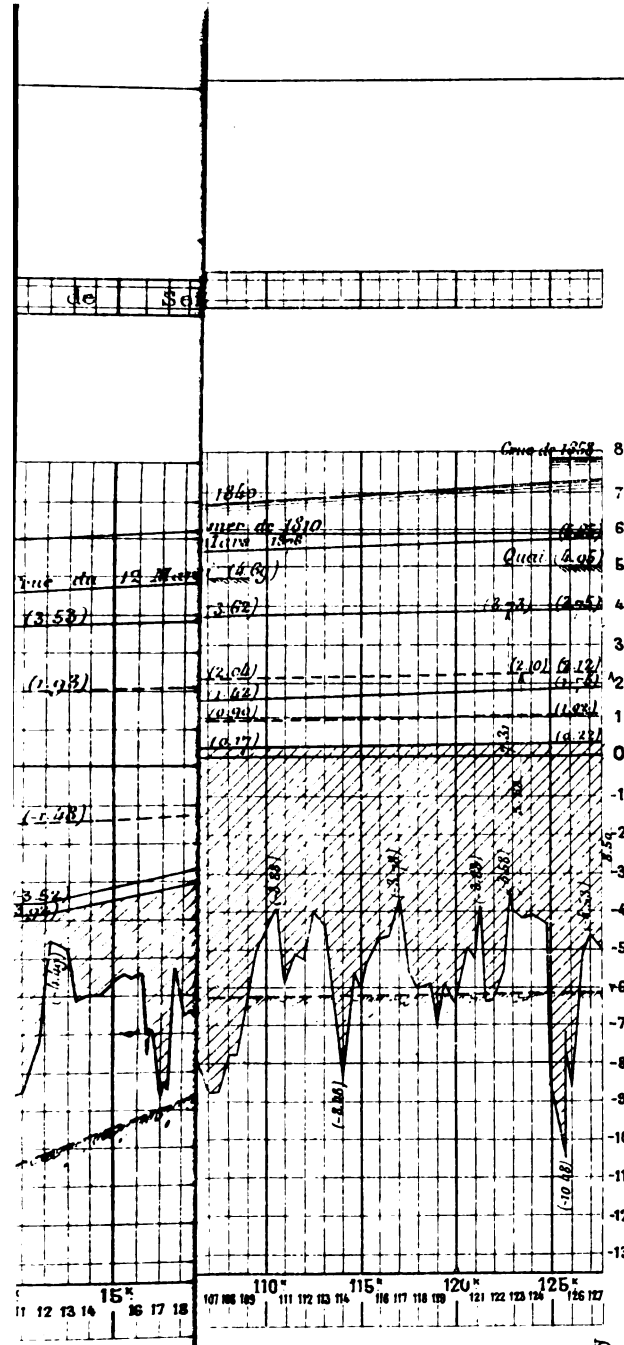
Bibliographie. — Théorie des moteurs par F. Grashof. — Analyse de l'action des turbines à libre déviation, de G. Zahikjanz.

Le Rédacteur de la Chronique,

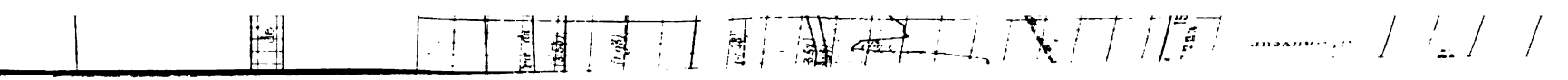
A. Mallet.

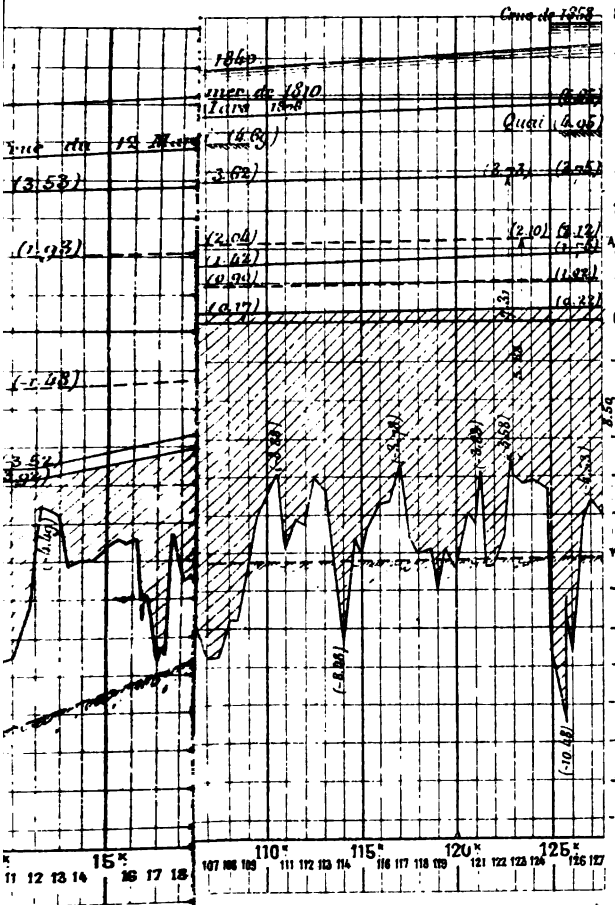
PARIS. — IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, — 10555-6.





Auto. Imp. A. Broise & Courtier, 43. r. de Dunkerque.



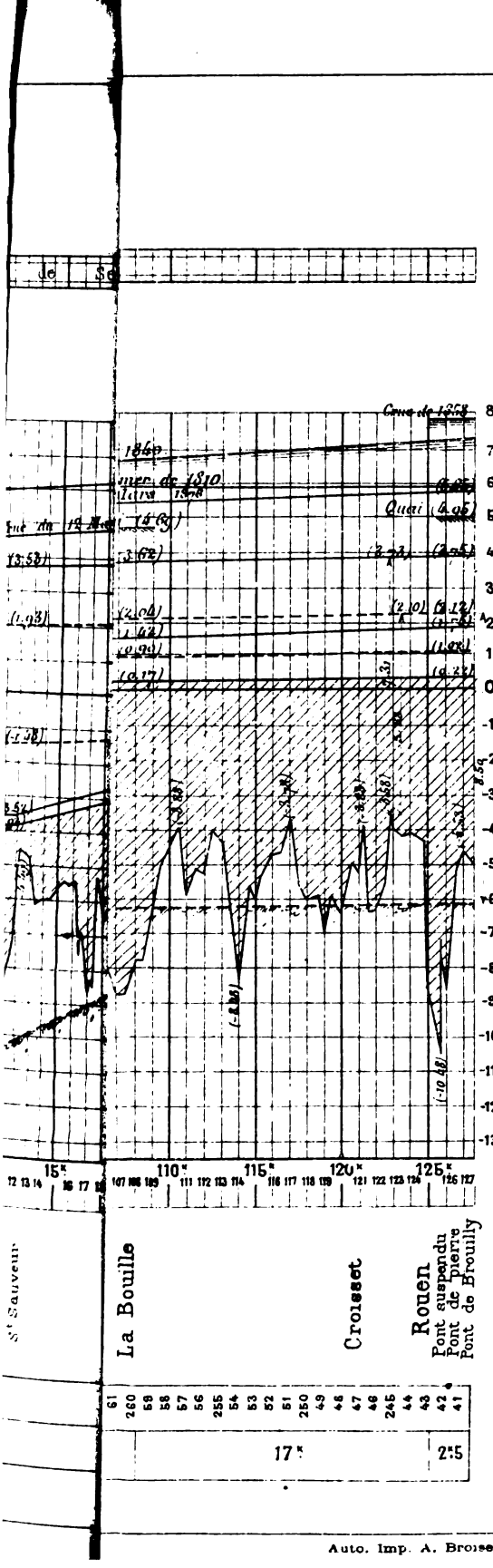


St Sauveur | La Bouille | Croisset | Rouen — Pont suspendu, Pont de pierre, Pont de Brouilly

61 260 58 58 57 56 255 54 53 52 51 250 49 48 47 46 245 44 43 42 41

17 | 2.5

Auto. Imp. A. Broise & Courtier, 43. r. de Dunkerque.



Auto. Imp. A. Broise & Courtier, 43, r. de Dunkerque

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

MAI 1886

N° 5

Sommaire des séances du mois de mai 1886 :

1° *Décès de M. Ernest Marché*, ancien Président de la Société (Séance du 7 mai p. 434);

2° *Principes théoriques et conditions techniques de l'application de l'Électricité dynamique au transport et à la distribution automatique de l'Énergie sous ses principales formes : Chaleur, Lumière, Électricité, Action chimique, Action mécanique*, par M. Cabanellas (Séance du 7 mai p. 435);

3° *Matériel roulant à grandes vitesses*, système Estrade, par M. Max de Nansouty (Séance du 21 mai p. 485);

4° *Amélioration à apporter dans la rade du Havre et dans l'Estuaire de la Seine* (Discussion sur) (Séance du 21 mai p. 493).

Pendant le mois de mai la Société a reçu :

De M. Henri Chevalier, membre de la Société, une note sur les *constructions de tableaux graphiques pour le calcul des ressorts de voitures de chemin de fer;*

De M. Max de Nansouty, membre de la Société, une note sur le *matériel roulant à grandes vitesses de M. Estrade;*

De M. Nillus, membre de la Société, des exemplaires du *Règlement, en français et en anglais, de l'Exposition maritime internationale du Havre en 1887;*

De M. Leygue, membre de la Société, un exemplaire d'une note sur les *viaducs métalliques à grandes portées;*

De M. Périssé, membre de la Société, un exemplaire de sa *conférence* intitulée : *Ni libre-échange, ni protection;*

De M. Eugène Coulon, un exemplaire de son étude intitulée : *le Havre, Rouen, Paris. Étude de la Seine, la baie de la Seine;*

De MM. Paul Desroches et Hippolyte Barrau, un exemplaire de leur avant-projet d'un *chemin de fer Métropolitain, réseau d'ensemble se raccordant avec toutes les gares actuelles;*

Du Ministère des Travaux publics, un exemplaire du volume intitulé : *Bassin de la Seine. Règlements et instructions concernant l'annonce des crues et l'Étude du régime des rivières;*

De M. Seyrig, membre de la Société, quatre photographies du *Pont-Route Luiz : 1° sur le Douro à Porto;*

De MM. Assi et Genès, membres de la Société, deux exemplaires de la *Convention internationale du 20 mars 1883;*

De M. Paul C. Chalon, membre de la Société, un exemplaire de son ouvrage sur *les Explosifs modernes, Traité théorique et pratique;*

De M. Somzée, membre de la Société, deux exemplaires de son Etude sur les *conditions de stabilité des voies de chemins de fer considérées au point de vue des traverses en bois et en métal;*

De M. Van Rysselberghe, électricien, deux exemplaires de son *Rapport sur les Expériences récentes faites aux États-Unis d'Amérique sur la Téléphonie internationale;*

De MM. Verstraet et Lemaire, membres de la Société, deux exemplaires d'une note sur la *Fibre vulcanisée;*

De M. Victor Desprez, ingénieur, un exemplaire de son Mémoire sur des *applications de l'Électricité aux arts et à l'industrie;*

De M. Hachette, éditeur, un exemplaire de *l'Agenda du chimiste en 1886;*

De M. Ribera, membre de la Société, une note sur son système de *voitures à voyageurs dans les chemins de fer;*

De M. Colladon, membre de la Société, un exemplaire d'une note sur l'*Exécution des longs tunnels à ciel fermé par l'emploi de l'air comprimé;*

De M. Agudio, membre de la Société, un exemplaire d'une note sur *la traversée du Simplon au moyen de son système ;*

De M. Lavallard, membre de la Société, un exemplaire des Rapports sur *les opérations du service de la cavalerie et des fourrages pendant l'exercice 1885 à la Compagnie générale des omnibus ;*

De M. Vernon-Harcourt, ingénieur, un exemplaire de sa brochure intitulée : *The River Seine;*

De M. Hauvel, ingénieur, des exemplaires de son étude sur *le Régime des cours d'eau ;*

De M. Vauthier, membre de la Société, un exemplaire d'une lettre de M. Maitrot de Varenne, sur la *Seine maritime, son estuaire et ses ports;*

De M. Cantagrel, membre de la Société, un mémoire sur *les voies métalliques.*

Les Membres nouvellement admis sont :

MM.	Alexandre,	présenté par MM.	A. Blétry, C. Blétry et Ravasse.
	Clerc,	—	Cerbelaud, Hauet et Max de Nansouty.
	Dumartin,	—	Level, Mathias et Mouchelet.
	Fougère,	—	Buquet, Dorion et Huet.
	Mesureur,	—	Arbel, Contamin et Martin.
	Payet,	—	Haillot, Jaunet et Mettey.
	Lelubez,	—	Fleury, Hersent et Mallet.
	Hersent,	—	Badois, Eiffel et Hersent.
	Petit,	—	Boudenoot, Brüll et Hauet.
	Przewski,	—	Chalon, Gottereau et Huet.
	Verrier,	—	Chrétien, A. Fontaine et L. Martin.
	Wolff,	—	Buquet, Jousselin et Joyant.

Comme Membres associés :

MM.	Prevet,	présenté par MM.	de Comberousse, Franck et Gottschalk.
	Rueff,	—	Fleury, Hersent et Mallet.
	Driout,	—	Durupt, Paris et Thareau.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE MAI 1886

Séance du 7 Mai 1886

PRÉSIDENCE DE M. HERSENT

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la séance précédente est adopté.

M. PÉRISSÉ prie M. le Président de vouloir bien accepter ses remerciements pour les paroles affectueuses à son égard qu'il a prononcées dans l'une des dernières séances Il remercie également la Société tout entière des témoignages de sympathie qu'elle lui a adressés à l'occasion de l'attentat dont il a été victime. Ces témoignages, dont il a été vivement touché, ont, dans une certaine mesure, allégé ses souffrances, et il s'efforcera de prouver sa reconnaissance par un attachement et un dévouement à la Société encore plus grands que par le passé. *(Applaudissements.)*

M. LE PRÉSIDENT dit que les témoignages qui ont été adressés à M. Périssé sont l'une des manifestations de la sympathie naturelle qu'éprouvent les membres de la Société les uns pour les autres, et exprime sa conviction que cette sympathie et cette estime réciproque sont une grande influence sur la prospérité et le développement de la Société.

M. LE PRÉSIDENT a le regret d'annoncer les décès de M. Marché et de M. Jourdain.

Tous nos collègues savent que M. Marché était l'un de nos anciens Présidents; ceux qui ont assisté à ses obsèques ont pu juger, par l'affluence des personnes qui ont tenu à lui rendre les derniers devoirs, combien grande était l'estime dont il jouissait, combien nombreuses étaient les sympathies qu'il s'était attirées pendant une vie d'homme de cœur et de savant.

M. le Président donne la parole à M. Cabanellas pour exposer la seconde partie de sa Communication sur *les Principes théoriques et les Conditions techniques de l'Application de l'Électricité dynamique au Transport et à la Distribution automatiques de l'Énergie sous ses principales formes : Chaleur, Lumière, Électricité, Action chimique, Action mécanique.*

M. Cabanellas. — L'expérience a toujours prouvé que la netteté des délimitations, des définitions (idée et terme) a la plus grande influence sur le Progrès de chaque Science théorique et appliquée.

Le plus souvent le travail d'analyse préalable nécessaire est l'œuvre du temps, du bon sens et du tâtonnement général, jusqu'à ce qu'un observateur, plus attentif ou plus profond, puisse codifier, c'est-à-dire dégager la vraie doctrine dogmatique.

Par économie de ce temps, je pense qu'il y a tout intérêt à orienter une Science nouvelle, dès le principe, d'après les points cardinaux qui peuvent être communs à elle et à ses aînées. Ainsi, toutes les Machines qui ont jamais existé, toutes celles qui existeront jamais, ne sont que des Transformateurs d'Énergie : Transformateurs d'une forme d'Énergie en une autre forme d'Énergie, ou dans la même forme, Transformateurs par modification des valeurs respectives de la chute de potentiel et de la quantité formelle.

C'est ainsi que les machines à vapeur, à air chaud, à gaz sont des Transformateurs entre les formes calorique et mécanique, les machines électro-chimiques entre les formes électrique et chimique, les machines thermo-électriques entre les formes calorique et électrique, celles dynamo-électriques entre les formes mécanique et électrique ; et dans la même forme : le levier, le treuil, le coin, le plan incliné, la roue d'engrenage, la moufle, la presse hydraulique, les roues et turbines hydrauliques, les moulins à vent, les appareils appelés robinets électriques, ceux improprement dénommés générateurs secondaires, etc., transforment les valeurs respectives du courant mécanique ou électrique et de la chute de potentiel mécanique ou électrique ou autrement dit, et d'une façon générale, de la force motrice du cycle considéré.

De fait, un Transformateur quelconque est un agrégat de plus ou moins de matière, transformant en Énergie utile et rendant, par conséquent, plus ou moins de l'Énergie reçue. De là nécessité de juger tout Transformateur au double point de vue de l'Énergie et de la matière : On appelle communément *rendement* le rapport de l'Énergie rendue à l'Énergie reçue, et j'ai appelé *dépense spécifique des matériaux* le rapport du poids d'un Transformateur à la quantité d'Énergie transformée ou l'inverse de ce rapport *utilisation spécifique des matériaux.*

Ces deux éléments d'appréciation du mérite d'un Transformateur sont, *a priori*, aussi importants l'un que l'autre, ce sont ses deux coordonnées, présentant la parité d'intérêt qui, *a priori*, s'attache à l'abscisse et à l'ordonnée qui déterminent la position d'un point sur un plan.

Je vous ai cité quelques chiffres d'un Tableau de rendements et de dépenses spécifiques des matériaux; depuis, il est venu à ma connaissance d'autres chiffres intéressants, par exemple, un de nos collègues étudierait un accumulateur dont la dépense spécifique n'atteindrait pas 10 kilogrammes par cheval-heure, je joindrais avec plaisir au Tableau les chiffres résultant de mesures qui seraient dûment vérifiées. Des dynamos Reckenzaun de 9 chevaux donneraient une dépense spécifique de 21 kilos par cheval et des dynamos Gramme-Trouvé de 2 chevaux atteindraient des dépenses spécifiques de seulement 12 kilos par cheval.

Ces citations vous montrent quelle a été la modération de mon terme de comparaison quand il s'est agi d'apprécier les Transformateurs dynamo-électriques Gramme construits sur les plans de M. Deprez pour le Transport Creil-Paris; j'ai dit en effet que, sous le rapport du rendement, ces Transformateurs sont *ordinaires*, quoique d'un rendement individuel inférieur à plusieurs types de dynamos industrielles, mais que, sous le rapport de la dépense spécifique, ces Transformateurs ne sont *pas ordinaires*, puisqu'ils emploient au moins *six* de matière pour transformer la quantité d'Énergie que l'Industrie des dynamos transforme avec *un* de matière. Or, j'ai pris comme terme de comparaison la dépense spécifique de 80 kilos par cheval, c'est-à-dire la dépense spécifique de fortes machines Edison qui n'ont pas visé la légèreté, et vous voyez que si j'avais pris le chiffre de 20 kilos, il m'aurait fallu dire non pas que la dépense spécifique de ces Transformateurs est six fois trop grande, mais bien qu'elle est vingt-quatre fois trop considérable.

Il est donc certain que ces Transformateurs sont mauvais, très mauvais même, comme utilisation spécifique des matériaux, et, c'est précisément cette constatation qui m'a forcé à intervenir et à prendre la parole non pas devant le Public, mais dans le Milieu spécial et sérieux des Ingénieurs.

Car actuellement, l'unanimité de la Presse Quotidienne et une fraction importante de la Presse Scientifique représentant ces machines comme excellentes, la conclusion inéluctable, dès que la lumière se sera faite, serait pour tout le monde qu'il faut renoncer à l'Application industrielle du Transport, même en admettant parfait le fonctionnement de ces appareils.

Il m'a donc paru que je me trouvais dans l'obligation de remplir un devoir désagréable mais d'*Intérêt général* pour l'Avenir d'une Question à laquelle je me suis voué dès l'origine, alors que M. Deprez en méconnaissait l'importance, la portée et l'Avenir.

Mon rôle consiste donc à montrer : 1° que si les résultats sont très mauvais, la cause en est attribuable seulement aux mauvaises combinaisons de l'Ingénieur, et 2° à montrer comment il faut s'y prendre pour bien faire.

Je regrette qu'il n'y ait pas moyen de servir la Question sans ris-

quer de paraître desservir l'Individualité qui est regardée comme sa personnification, mais je fais remarquer qu'il ne peut y avoir ici qu'une première apparence inexacte, car le service le plus grand qu'on puisse rendre à la personne responsable est à coup sûr de lui fournir les moyens de sortir d'une impasse désastreuse.

Dans la Séance du 19 mars nous avons examiné les grandes lignes de la Question du Transport, nous avons vu que la Distance a une influence toujours nuisible sur le rendement et l'utilisation spécifique des matériaux, effet qui ne peut être combattu et compensé que par l'augmentation de la quantité d'Énergie disponible au départ, et cela même avec des machines supposées parfaites à l'arrivée comme au départ. Nous avons vu qu'à même utilisation spécifique de la matière conductrice, c'est-à-dire à mêmes potentiels terminaux d'un Canal de longueur donnée, l'accroissement de la Grandeur d'Énergie, avait en outre l'avantage de comporter, pour le fil induit des dynamos, un accroissement de section favorable au rendement individuel et à l'utilisation spécifique des matériaux des dynamos de départ et d'arrivée, comme l'expérience le prouve dans les conditions où ces appareils ont été réalisés jusqu'à présent.

Nous inspirant des vues méthodiques de Descartes, nous avons cherché à simplifier de degré en degré jusqu'à l'unité difficulté, nous avons ramené l'analyse et la synthèse du Transport, si complexes *a priori*, à l'étude des simples fonctions déterminantes de la Ligne et des appareils terminaux. L'étude de la déterminante nous a montré l'importance extrême de l'intensité H du champ magnétique, aussi avons-nous exprimé les services des dynamos en fonction de cette intensité H qui est véritablement l'âme de la machine.

Nous avons remarqué en outre que la plupart des inconvénients subsidiaires tels que les réactions secondaires électriques, électro-magnétiques, électro-statiques, que nous avons eu l'honneur de signaler et de mesurer, sont d'autant moins nuisibles que cette âme, cette puissance de constitution est plus grande, nous avons fait la même constatation sur le degré d'action de la densité du courant induit comme déplacement des points neutres magnétiques et des points de contact des balais recueilleurs sur les collecteurs, et nous sommes arrivés à cette conclusion que les palliatifs s'adressant à chacun de ces effets nuisibles n'étaient ni efficaces, ni pratiques, tandis que le seul remède rationnel était de s'adresser à la constitution même de la dynamo, absolument comme dans l'art de guérir, il est sans intérêt sérieux de s'attacher à combattre les mille symptômes morbides qui ne sont que la traduction de l'appauvrissement d'une constitution, il est plus rationnel, quand la chose est possible, de refaire la constitution.

Précisément nous sommes maîtres de la constitution des dynamos que nous créons, nous pouvons et nous devons leur donner un

tempérament d'une grande vigueur. La seule bonne synthèse est donc de donner aux machines un champ H d'une très grande puissance. Nous avons vu que les dynamos Edison étaient déjà remarquables sous ce rapport et que le vice des machines du Transport Creil-Paris est l'insuffisance de H, à un point tel que la Génératrice de Creil, la seule dont on puisse exactement calculer le champ avec les données numériques publiées, possède un champ plus faible que la plus vieille de toutes les dynamos industrielles, la machine Gramme d'atelier, 1,900 au lieu de 2,100.

Je ne vous ai pas parlé du collecteur des machines *Creil-Paris* et je tiens d'autant plus à réparer cette omission que j'ai à en faire l'éloge. Ce genre de collecteur Gramme déjà employé aux expériences de Grenoble, de la gare du Nord et de Munich, a été imaginé par M. Solignac l'habile Ingénieur qui a organisé les récentes applications électriques de la Piscine Rochechouart et du Nouveau Cirque.

Le collecteur dont il s'agit a été combiné par cet Électricien en vue du service des machines à haute tension; tout isolant solide est supprimé entre les lames successives destinées au contact des balais; les lames sont fixées en bouts à deux tambours de matière isolante. Cet organe de commutation, dans son application aux machines de Creil, n'a fait qu'affirmer davantage ses excellentes qualités électriques, aussi l'on peut déjà observer une tendance des Constructeurs à employer le collecteur Solignac à isolant d'air; notre collègue M. Ernest Boistel, dans sa traduction de l'ouvrage de S. Thompson, nous apprend que la maison Siemens en a pourvu ses nouveaux types de dynamos.

Vous trouverez dans le Mémoire l'indication de mon système de connexion de contacts mobiles commandés par des actions mécaniques respectives et indépendantes.

Nous savons déjà que les machines Gramme de M. Deprez pèchent par insuffisance de champ magnétique, mais il faut montrer clairement pourquoi les champs sont si faibles alors que, sans aucun doute, l'auteur s'est efforcé de leur donner une grande intensité puisqu'il a dépensé pour l'excitation des électros inducteurs une proportion d'Énergie, environ 15 à 18 fois plus grande qu'il n'a été dépensé pour obtenir les plus puissantes intensités de champ des dynamos Edison, 5,000 unités et davantage.

M. Deprez, égaré par ses fausses théories de similitude, ne s'est jamais rendu compte du *processus* magnétique, ses dynamos pèchent :

1° Par une trop grande distance d'entre-fer;

2° Par une trop faible section du fer de l'anneau ;

3° Par un dispositif géométrique de double anneau Gramme désavantageux au premier chef, un véritable contresens magnétique.

On trouvera dans le Mémoire le détail des calculs qui m'ont permis de déterminer les valeurs ou les limites supérieures des valeurs du champ

de la Réceptrice et des deux Génératrices, celle des expériences publiées et la Génératrice telle qu'elle avait d'abord été établie sur les premiers plans de M. Deprez, c'est-à-dire avec le diamètre d'anneau presque double.

On sait, en effet, que les machines construites par Fives-Lille ont été remaniées au dernier moment et d'une façon radicale, quant aux anneaux, puisque M. Deprez a réduit le diamètre extérieur, de moitié, dans les anneaux qui ont été construits à la hâte par les maisons Bréguet et Mignon et Rouart.

La raison donnée et publiée, pour justifier une si complète modification sans avouer une erreur complète dans l'établissement des plans, a été que des courants parasites puissants circulaient dans les lamelles de fer des armatures, ce que nous ne mettons nullement en doute ; mais, par contre, il est impossible d'admettre que telle ait été la raison véritablement déterminante d'un pareil remaniement.

En effet, il est évident qu'il eût été beaucoup meilleur et beaucoup plus rapide de corriger ces isolations défectueuses que de se lancer dans une toute différente construction qui devait, en outre, entraîner des risques d'excentration avec une grande masse de fil de fer fin bien difficile à maintenir.

Ces excentrations se sont produites après un court fonctionnement, comme il était facile de le prévoir.

Il existait donc nécessairement un vice beaucoup plus grave; nos calculs le déterminent, ils prouvent que le champ de la Génératrice de Fives-Lille était inférieur à 1,384 unités, et probablement très inférieur à cause de ce fait aggravant d'une section magnétique d'armature complètement insuffisante.

Les calculs du Mémoire montrent que la section totale du fer conducteur du magnétisme des électros à travers l'anneau induit était dans cette première machine $\frac{1}{3}$ de la section du noyau de l'électro total.

Dans l'anneau à armature de fil de fer construit précipitamment, par les ateliers Bréguet, cette section a été portée de $\frac{1}{3}$ à $\frac{1}{2}$, valeur encore très insuffisante : les sections d'Edison dépassent $\frac{9}{10}$, et de bons types genre Gramme atteignent $\frac{4}{3}$.

Nous arrivons au vice magnétique du dispositif géométrique des deux anneaux sur le même arbre.

Ce vice de conception consiste en ce que M. Deprez, sans s'en apercevoir, a bénévolement doublé l'entre-fer de ses dynamos par rapport aux types Gramme usuels.

Les schémas 1 et 2 que vous voyez sur le tableau permettent de s'en rendre compte.

La disposition 1 est la simple juxtaposition de deux dynamos distinctes sur le même arbre, la disposition 2 est la représentation des deux mêmes anneaux sur le même arbre avec le perfectionnement à rebours de M. Deprez, dont l'effet est bien de doubler l'entre-fer pour l'électro total puisqu'il n'y a aucun lien de substance magnétique entre l'une et l'autre des deux armatures.

Considérons chacune des deux branches d'électro du schéma 2, supposons même nulles les résistances magnétiques des armatures et des secondes branches d'électro, il est certain que le circuit magnétique total, aussi bien que le circuit magnétique de chacune des deux branches d'électro, comporte 4 espaces d'entre-fer, tandis que chacun des circuits du schéma 1 ne comporte que 2 entre-fers.

La double dépense d'excitation, une sur chacune des deux branches, ne change pas ce fait incontestable ; il peut même dans certains cas n'y avoir pas de désavantage bien sensible à remplacer la seconde branche d'électro par une simple pièce de fer doux, dans de bonnes conditions de constitution magnétique. Si l'on voulait représenter l'effet résultant magnétique par une théorie tout à fait sommaire et élémentaire, on pourrait dire que l'intensité magnétique obéit à une sorte de loi de Ohm ou de Fourier, avec cette restriction que dans tout circuit il y a d'abord une limite à la force magnéto-motrice totale, et que, de plus, les forces magnéto-motrices composantes ne s'ajoutent généralement pas algébriquement ; quant aux résistances magnétiques du circuit, il faudrait dire que si on représente par 1 la résistance magnétique spécifique du fer, la résistance magnétique de l'entre-fer (air et cuivre) doit être représentée par quelque chose comme 40000.

Je fais devant vous, avec le dispositif simple et convaincant que vient de m'apporter M. Arnoux, cette expérience qui prouve que l'effort d'attraction est plus grand et par conséquent aussi que, à même surface polaire, le champ magnétique d'un aimant en fer à cheval, fermé par une armature convenable en fer disposée à petite distance d'entre-fer, ou au contact, a une intensité plus grande que celle obtenue en remplaçant l'armature par un second aimant identique, les pôles opposés en regard et aux mêmes distances d'entre-fer ; la raison élémentaire est alors que la résistance magnétique de chacun des aimants en fer à cheval surpasse la résistance magnétique de l'armature, assez pour qu'il y ait avantage, comme intensité du champ, à se priver de la force magnéto-motrice d'un des aimants en se débarrassant de la résistance magnétique de cet aimant.

Dans notre raisonnement sur le schéma 2, nous avons supposé nulle la résistance magnétique de l'armature ; mais si la conduction livrée

par l'armature est insuffisante, il intervient une nouvelle aggravation de ce chef.

Nous comprenons maintenant pourquoi M. Deprez, après avoir largement dépensé du cuivre sur le circuit excitateur de l'électro, dans l'espoir de moins dépenser d'Énergie à même excitation, après avoir cependant dépensé une Énergie excitatrice égale aux 18 0/0 de l'Énergie de l'anneau, au lieu de 1 à 2 0/0, comme les dynamos d'Edison, n'arrive qu'à une intensité de champ de 1,912 unités, valeur forcée par notre calcul, lorsque les machines Edison, en dépensant 18 fois moins d'Énergie excitatrice, réalisent couramment des champs de 4 à 5,000 unités.

M. Deprez n'a pas compris le *processus* magnétique, tous ses mécomptes successifs ont cette origine ; dans ses prévisions, il s'était trompé du double au simple sur sa première dynamo à deux anneaux Gramme de la Gare du Nord.

Du reste, en dehors de ces preuves implicites, M. Deprez a fourni explicitement la preuve de cette lacune singulière. Dans une Publication scientifique " *la Lumière Électrique*", où il exposait récemment les Principes qui lui servent de guide, il nous apprend qu'il a fait des expériences directes qui lui ont permis de conclure la limite supérieure des champs magnétiques réalisables industriellement. Dans ce Recueil, page 11, 3 octobre 1885, M. Deprez s'exprime en ces termes : « on a donc $e = H$ et $e = fg$. Des mesures très précises, » dans lesquelles je pesais l'effort f, m'ont donné pour des champs ma» gnétiques puissants la valeur $f = 0{,}025$ kilogrammes, il en résulte » que H est toujours inférieur à $\frac{1}{4}$ » ; or, de ces chiffres, il est facile de conclure que l'intensité du champ moyen était alors exactement 2,452 unités.

L'idéal de M. Deprez, comme puissance de champ, ce qu'il regarde comme une limite, est donc très loin d'être à la hauteur de ce qui existait depuis longtemps dans l'Industrie courante, au moment où il publiait cet Exposé de doctrine, puisque pour ne citer que les dynamos d'Edison, ces machines industrielles atteignaient et dépassent maintenant 5,000 unités.

Il est curieux de constater que jusqu'à ce jour le *processus* magnétique des dynamos est si mal connu et si mal exposé, que personne n'avait encore signalé la faute de conception des machines à 2 anneaux Gramme de M. Deprez.

Au contraire, le dispositif a généralement été admiré, et M. Thompson, par exemple, dans l'ouvrage précité, fait ressortir l'importance du Progrès imprimé par M. Deprez aux machines Gramme, par l'introduction de cet accouplement contre-magnétisant.

Je pense que cet état peu avancé des esprits, sous ce rapport, tient en partie à ce que les travaux des théoriciens ont toujours l'air de

considérer l'intensité du champ, comme un peu tombée du ciel ; il semblerait qu'elle doive être contemplée de loin, avec respect, et que nous n'ayons pas le droit d'imposer notre action organisatrice d'Ingénieur à cet élément physique aussi bien qu'à tout autre.

Je n'entends nullement porter atteinte au mérite des recherches de savants de la haute valeur des Thalen, Stoletow, Rowland, etc., mais je pense que cette critique appuyée d'un exemple, fait bien comprendre le point de vue que je veux mettre en lumière :

Grâce à M. Raynaud, Ingénieur des Télégraphes, et à son collaborateur M. Seligmann Lui, nous possèdons une excellente traduction du Traité d'Électricité et de Magnétisme de Gordon.

L'édition française est précédée d'une Introduction très remarquable de M. Cornu, et, réservant tout le bien que je pense de l'éminent professeur à l'École supérieure de Télégraphie qui est ce soir au milieu de nous, je ne puis cependant éviter de vous dire que M. Raynaud n'a pas fait une simple traduction, puisqu'il a enrichi l'ouvrage anglais de nombreuses, savantes et importantes annotations personnelles.

M. Gordon a été le préparateur et le disciple de Maxwell et a cherché à présenter, sous une forme suffisamment élémentaire, les vues du Maître qui s'appuient sur cette conception fondamentale qu'il n'y a pas d'action à distance si ce n'est par transmission de proche en proche par l'intermédiaire du Milieu. Cette hypothèse est la seule qui du reste puisse réellement satisfaire notre esprit, elle était la base de l'Enseignement de Faraday et ne fait que résumer la Philosophie mécanique de Newton.

Dans cet ouvrage, je vois que :

H étant la force magnétique, ce que j'appelle le plus souvent l'intensité du champ,

γ l'intensité d'aimantation ou moment magnétique rapporté à l'unité de volume, $K = \frac{\gamma}{H}$ est le coefficient d'aimantation induite.

Comme γ est le rapport du moment ml au volume ls, on aura pour un barreau de fer doux placé dans un champ H, $\frac{ml}{ls} = KH$ ce qui donne KHs pour valeur du magnétisme.

Sans doute la valeur de K serait très intéressante et utile à connaître, l'Ouvrage indique seulement que cette valeur de K n'est constante que pour les très petites valeurs de H et qu'alors $K = 32$; à notre point de vue, l'utilité de ce renseignement diminue singulièrement par la considération que nous avons mise en lumière : à savoir que ce qui nous intéresse c'est ce qui se rapporte aux très grandes valeurs de H. L'Ouvrage nous dit encore qu'au delà des faibles valeurs de H, K est une fonction de H et $K = f(H)$ est ce qu'on appelle la fonction magnétisante.

Revenant à ma critique je dis : oui K est une fonction de H, mais H est aussi une fonction de K et vous ne pouvez placer dans H une masse quelconque sans modifier H peu ou beaucoup.

Or, cette face de la question est non moins intéressante et beaucoup plus utile au progrès de l'art de l'Ingénieur relatif aux dynamos.

C'est pour cette raison que dans le Mémoire j'ai mis une étude de la dynamo basée sur la valeur de son champ et en même temps l'étude réciproque du champ déduit de l'influence des substances.

Voyons maintenant comment il y a lieu de passer de l'analyse à la synthèse.

Comment faut-il s'y prendre pour établir le plan d'une dynamo de toute puissance donnée sous toute forme électrique donnée?

Mais, avant de traiter cette question, examinons quel est son état actuel. Si on en jugeait par l'œuvre de M. Deprez, cet état laisserait beaucoup à désirer, vous allez en juger.

Il y a trois ans je vous signalais une bien singulière erreur de M. Deprez récente alors ; j'aurai tout à l'heure à vous signaler une nouvelle erreur, récente aujourd'hui et tout à fait du même ordre, à propos de ce qu'il croit être le *calcul des dimensions d'une dynamo*. A cette époque M. Deprez partait d'une machine Gramme donnée, remarquait qu'une dépense d'Énergie excitatrice réduite à 10 kilogrammètres par seconde produisait un magnétisme proportionnellement plus grand que les 100 kilogrammètres dépensés en réalité par l'excitation, il faisait donc alors son calcul avec une économie des neuf dixièmes de l'Énergie excitatrice et arrivait sur le papier à d'excellents résultats de rendement puisqu'il oubliait sa propre hypothèse au point d'admettre implicitement, dans le cours de ses très simples calculs de règle de trois, au point d'admettre, dis-je, que le champ magnétique de la même machine, lorsqu'on dépensait seulement 10 kilogrammètres d'excitation avait conservé la même puissance absolue qu'en dépensant 100 kilogrammètres d'excitation.

Aujourd'hui, après de longues années d'études et d'expériences, M. Deprez, dans le récent Exposé doctrinal précité, s'exprime en ces termes :

(*La Lumière électrique* (p. 12), 3 octobre 1885.)

« CHAPITRE II

» CALCUL DES DIMENSIONS D'UNE MACHINE GÉNÉRATRICE

» Supposons que l'on se propose de construire une machine capable
» de donner 100 volts et 20 ampères à la vitesse de 10 mètres par
» seconde, partant des données fournies par la machine Marcel Deprez
» des expériences de la Gare du Nord et de Grenoble. . . . . .
. . . . . .

» tous les éléments, le diamètre du conducteur, le volume du métal, » la résistance et le rendement sont déterminés. »

Or, dans ce calcul, toujours très simple, M. Deprez admet tout comme il y a trois ans, que le champ est resté celui de la machine prise comme base, mais il perd de vue qu'il n'y a plus aucune raison pour qu'il en soit ainsi, parce qu'il modifie toutes les dimensions y compris celles de l'entre-fer et des électros.

En effet, il calcule la longueur du fil induit utile en partant de la vitesse et du champ admis, il calcule la section en partant de la densité de courant choisie; la longueur et la section étant déterminées, le volume induit utile est donc déterminé et la vitesse moyenne est déjà fixée.

M. Deprez ne va pas plus loin dans son *Calcul des dimensions d'une machine génératrice*, cependant la machine est fort loin d'être déterminée, puisque, nonobstant, presque rien n'est encore déterminé; car il reste à fixer d'abord la dimension du diamètre moyen qui doit être animé de la vitesse linéaire prévue, puis la répartition du volume induit autour de ce diamètre moyen, c'est-à-dire la proportion entre la longueur parallèlement à l'axe et l'épaisseur dans le sens du rayon. En outre il reste à ne pas se tromper sur la section qu'il faut donner au fer de l'armature, côté de la question fort mal résolu, comme on l'a vu, dans les machines Gramme établies par M. Deprez.

Enfin, l'anneau cuivre et fer n'est qu'une partie de la machine, la détermination correspondante des dimensions des électros et de leur excitation n'est pas moins indispensable.

M. Deprez, malgré son titre *Calcul des dimensions des machines génératrices*, ne nous fait pas connaître les règles à suivre pour déterminer tous ces éléments indispensables.

Il est certain d'ailleurs que l'auteur manque de règles efficaces pour ces déterminations, puisque, en fait, M. Deprez n'a jamais réalisé, à une approximation satisfaisante, aucune des intensités moyennes des champs magnétiques qu'il avait en vue.

Cette constatation faite, nous allons dire quelle est, d'après nous, la méthode à suivre pour établir le plan d'une dynamo de puissance quelconque, sous une forme électrique quelconque.

La seule base rationnelle nous paraît être l'unité électro. Nous étudierons donc d'abord empiriquement, expérimentalement, une simple paire de deux pôles consécutifs formant électro-aimant en fer à cheval.

Suivant le type de machine que nous avons en vue, nous l'opposerons soit à un autre électro également excité, soit à une sorte de noyau d'électro sans excitation et alors de grande section et de faible longueur, ou nous l'opposerons à un élément d'armature genre Gramme ou Siemens.

Dans chacun de ces cas, l'entre-fer, distance des pôles aux pôles

opposés ou distance des pôles à l'armature, l'entre-fer, dis-je, sera choisi aussi petit que le permettent les exigences mécaniques réelles et c'est dans ces conditions que nous mesurerons l'intensité du champ statique, par une des méthodes de Lippmann ou Leduc ou autre, sous une excitation convenable de l'électro. Cet ensemble étant supposé étudié, nous aurons un très puissant champ magnétique avec une dépense d'excitation modérée. C'est dire que s'il s'agit d'un type ordinaire, Gramme par exemple, la voie magnétique sera largement suffisante dans la fraction d'armature. Cela fait, notre travail est pour ainsi dire terminé, nous sommes en mesure d'achever notre plan quelle que soit la puissance de la dynamo dont nous ayons besoin et remarquons que tout notre travail a été statique, nous n'avons mis en mouvement aucune partie de ce dispositif réduit à la plus simple expression et une seule réalisation dynamique donnera le coefficient rigoureux.

Il est entendu que la surface polaire de chacun des 2 pôles de cet électro-aimant en fer à cheval unité peut, avec certains avantages dont nous parlerons plus bas, être choisie d'autant plus grande que nous avons en vue une puissance totale plus élevée, quoique nous puissions établir d'excellentes machines de n'importe quelle puissance, avec un seul type d'électro unité.

L'unité électro étant choisie, nous connaissons les dimensions et l'excitation de l'électro unité, s'il y a lieu les dimensions du simple noyau, en fer à cheval, par exemple, opposé à l'électro, l'intensité H du champ, sa surface polaire P, son entre-fer d, et, si la machine le comporte, l'épaisseur l de l'armature de fer marchant avec le fil induit.

Conservant toutes ces données intégralement, nous constituons un pouvoir quelconque de transformation d'Énergie en faisant varier : a le nombre des paires de polarité inductrices successives dans le sens du mouvement, c'est-à-dire dans le sens des déplacements relatifs de l'induit et de l'inducteur, b la hauteur de ces polarités dans le sens parallèle à l'axe.

Il y a 2 pôles de même nom dans chaque largeur de polarité dans le sens du mouvement et n électros unités dans le sens de l'axe, n est en rapport avec le diamètre de la machine, lequel diamètre dépend de la puissance totale de la dynamo.

La largeur de chaque polarité dans le sens du mouvement, comprend deux surfaces polaires P australes ou boréales appartenant à deux électros unités différents, c'est-à-dire que, dans le sens du mouvement, chaque file circulaire d'électro-aimants unités orientés dans un plan perpendiculaire à l'axe, comprend tous ses électros unités ayant leurs pôles de mêmes noms voisins.

Dans toutes les files d'électro-aimants unités parallèles à l'axe, les électro-aimants sont orientés parallèlement les uns aux autres, paral-

lèlement au mouvement, et tous les pôles de mêmes noms sont également voisins.

En réalité, l'ensemble de tous les électro-aimants unités employés à l'induction de la dynamo, constitue autant de polarités inductrices australes et de polarités boréales qu'il y a d'électros successifs dans une file circulaire dans le sens du mouvement, parce que l'ensemble des files parallèles à l'axe comprend successivement deux files australes, deux files boréales, deux files australes et ainsi de suite.

On voit déjà que s'il est désirable d'employer un type d'électro unité plus grand pour une très grande puissance totale que pour une très petite, afin de réaliser certaines commodités, par exemple, certaines économies d'excitations, cette possibilité n'est pas une nécessité.

Quel que soit le type d'électro unité, nous serons sûrs de multiplier en conservant le rendement et l'utilisation spécifique des matériaux de l'unité fondamentale.

On trouvera dans le Mémoire la description de nos modes d'enroulement et d'organisation des collecteurs qui rendent applicables à tous les cas les combinaisons des disposifs multipolaires ci-dessus décrits, en permettant d'obtenir tous les groupements de série et de batterie des éléments induits, et toutes les dépendances ou indépendances, à tel point que, sur une même machine, des fractions arbitraires du disposif peuvent travailler à des services distincts et même à des fonctions opposées, les unes génératrices, les autres réceptrices.

Il est permis d'affirmer en toute sécurité, que cette méthode d'établir le plan d'une dynamo de puissance quelconque n'expose à aucune incertitude, aucun aléa ne peut plus subsister, tandis que le maximum d'intensité du champ magnétique, de rendement et d'utilisation spécifique des matériaux reste toujours assuré.

Dans la Distribution nous aurons à revenir sur le procédé de régulation d'allure dont je vois l'expression sur ce Tableau sous le titre : *Récepteurs sans réglage*; ce procédé est le meilleur de beaucoup parmi les procédés absolument automatiques, parce que cette régulation peut être très suffisamment précise et est rigoureusement automatique sans cependant sacrifier le rendement ni l'utilisation spécifique des matériaux. Cette formule :

$$\Delta v = \Delta i \frac{u\,(n+1)}{\mathrm{H}}$$

que vous verrez établie et discutée dans le Mémoire, est une application intéressante de mes formules du service des dynamos en fonction de l'intensité de champ et de la densité induite, v, i, u, n, H : vitesse, densité de courant, résistance spécifique, $\frac{l_0}{l}$, champ. On voit immédiatement qu'une dynamo étant alimentée sur une constante différence de

potentiel, son travail croissant de zéro au taux maximum d'une circulation induite de 4 ampères par millimètre, son allure se ralentit seulement de 1,000 tours à 984 lorsque son champ est de 5,000 unités, et se ralentirait seulement de 1,000 tours à 995 si son champ était de 15,000 unités.

DYNAMOS A COURANTS ALTERNATIFS

Les principes généraux qui régissent les machines dites à courant continu, s'appliquent aux machines à courants alternatifs. Mon Tableau de classification des appareils électriques d'induction magnétique reproduit ici en face, et que vous trouverez dans le Mémoire, montre quel est leur degré de parenté.

Toutes ces machines non unipolaires sont, au fond, des machines à courants alternatifs, seulement les à-coups électro-magnétiques sont généralement plus accentués dans les dynamos construites pour recueillir des courants alternatifs.

Les machines à courants alternatifs à aimants inducteurs ont été étudiées en 1857 par M. Leroux. L'auteur est arrivé à cette conclusion que le courant ne suit à peu près la loi de Ohm que pour des résistances extérieures supérieures de 40 à 50 fois à la résistance intérieure.

En 1869, Jamin et Roger reprirent l'étude au calorimètre sans redresser les courants; ils sont arrivés aux formules approximatives:

$$\text{Courant,} \qquad i = \frac{A}{r + x}$$

$$\text{Chaleur,} \qquad c = \frac{A^2}{(r + x)^2}$$

M. Mascart, tome VI du *Journal de Physique*, a été conduit théoriquement à la formule analogue $i = \frac{A\,n}{R + n\,B}$ dans laquelle la résistance fictive r, au lieu d'être une constante, est une fonction de la vitesse.

L'année dernière 1885, M. Félix Lucas, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, a publié un travail très complet et du plus grand intérêt pour l'application rationnelle des machines de Méritens au Service des Phares.

De nombreuses séries de mesures du courant moyen, tel que le donne l'électro-dynamomètre, l'ont conduit à la relation

$$\left[\mu\,(a_1 + \alpha_1 n) - \frac{\mu}{\nu}\,(b_1 + \beta_1 n)\,I\right] I = 75\,g\,T$$

étant donnée la concordance constante de toutes les vérifications numériques, cette formule, d'origine empirique, doit certainement avoir un rapport direct avec les lois physiques qui interviennent, puisque dans toute l'étendue des variations réalisables, la relation s'est trouvée constamment satisfaite.

a, α_1 sont des coefficients forces électromotrices.

b, 6_1 des coefficients résistances.

μ, ν les nombres de bobines en tension et quantité.

Désignant par R et r_1 la résistance extérieure et la résistance d'une bobine, T le travail, on a nécessairement

$$\left(R + \frac{\mu}{\nu} r_1\right) I^2 = 75 g T$$

de sorte qu'avec les machines de Méritens ces deux équations renferment les lois complètes du fonctionnement.

Il serait intéressant d'appliquer à ces mêmes machines les méthodes spéciales de détermination des éléments dont nous parlerons tout à l'heure.

On voit déjà que dans la première formule le multiplicateur de I doit être

$$\frac{1}{\theta}\int_0^{\theta} (E^2 dt)^{\frac{1}{2}}$$

θ durée d'une demi-période, puisque I par l'emploi même de l'électrodynamomètre est

$$\frac{1}{\theta}\int_0^{\theta} (I^2 dt)^{\frac{1}{2}}$$

En 1881, M. Joubert, Secrétaire général de la Société de Physique, a publié un travail très intéressant de recherches expérimentales et théoriques sur le type des machines Siemens à bobines induites sans noyaux de fer, machines employées à alimenter les bougies de la Compagnie Jablochkoff dont il était alors Ingénieur-Conseil.

Après avoir représenté le fonctionnement moyen par la formule empirique

$$I = \frac{e}{(a^2 + R^2)^{\frac{1}{2}}}$$

les I mesurés à l'électromètre de sir William Thomson ;

e constante force électromotrice ;

a constante résistance ;

R résistance totale statique ;

M. Joubert cherche ensuite à retomber théoriquement sur la formule établie empiriquement.

La base de sa synthèse théorique est que le champ magnétique des électros inducteurs reste invariable pendant la marche, et que les seuls éléments variables intervenant sont à chaque instant : la force électromotrice E développée dans les bobines induites traversant les champs magnétiques d'intensités invariables, et la force électromotrice de self-

induction $U\frac{di}{dt}$ développée dans l'ensemble des bobines induites de coefficient d'auto-induction U, il intègre alors l'équation linéaire du 1er ordre $\frac{di}{dt} + ai = b$, équation tirée de la relation $E = iR + U\frac{di}{dt}$.

En posant $a = \frac{R}{U}$, $b = \frac{E}{U}$; il arrive à

$$i = e^{-\int a dt}\left(\int be^{\int a dt} dt + C\right)$$

Les mesures en circuit induit ouvert lui ont donné expérimentalement :

$$E = E_0 \text{ Sin. } 2\pi\frac{t}{T} = E_0 \text{ Sin. } mt,$$

T durée de la période entière, t temps de l'instant considéré compté à partir de l'Origine de la période, E_0 force électromotrice maximum.

Posant auxiliairement

$$\text{Tg. } 2\pi\varphi = \frac{m}{a} = \frac{2\pi U}{RT}$$

il arrive à

$$i = \frac{E_0}{U}\,\frac{a}{a^2 + m^2}\,\frac{\text{Sin. } (mt - 2\pi\varphi)}{\text{Cos. } 2\pi\varphi} + C_1\frac{E_0}{U}\,e^{-at}$$

L'auteur dit alors :

« Si nous choisissons l'Origine du temps de manière que $i = o$ pour » $t = \varphi$ T, la constante C_1 sera nulle et φ T exprimera le temps qui » s'écoule entre le moment où la force électromotrice E est nulle et » celui où le courant change de signe ; sous cette condition l'équation » devient

» $$i = \frac{E_0}{U}\,\frac{\text{Sin. } (mt - 2\pi\varphi)}{a^2 + m^2}$$ » (β)

Il ne reste plus alors qu'à remplacer a et m par leurs valeurs respectives, à prendre pour Origine des temps l'instant de courant nul en remplaçant t par $t + \varphi T$ et à intégrer $\frac{2}{T}\int_0^{\frac{T}{2}}\left[i^2\,dt\right]^{\frac{1}{2}}$ pour avoir la valeur de courant devant correspondre à l'indication de l'électromètre Thomson et retomber sur l'expression

$$\frac{\frac{E_0}{\sqrt{2}}}{\left(R^2 + \frac{4\pi^2 U^2}{T^2}\right)^{\frac{1}{2}}}$$

Il semble donc à première vue que cet important travail de M. Joubert apporte la satisfaction scientifique la plus complète, puisque la théorie vient confirmer l'expérience, ce qui paraît être à la fois une vérification de l'exactitude des mesures expérimentales et de la justesse rigoureuse de la théorie.

Jusqu'à présent, en effet, ce travail a toujours été cité comme un modèle en l'espèce, il a été reproduit dans l'ouvrage de M. Mascart et dans celui de M. S. Thompson.

Cependant nous allons voir que la partie théorique repose sur une base inexacte et inacceptable.

Nous nous sommes arrêté sur cet exemple pour montrer combien est complexe la théorie vraie du fonctionnement des dynamos à courants alternatifs, et combien il faut être prudent dans les conclusions même *a posteriori*.

Il y a dans le travail théorique de M. Joubert :

1° Une erreur d'hypothèse,

2° Une mauvaise interprétation algébrique.

Même si son champ magnétique était invariable (et il ne l'est pas) la formule (β) ne serait pas exacte, la mauvaise interprétation algébrique ne peut s'expliquer que par la distraction assez fréquente à laquelle on est exposé à la fin d'un calcul qui semble donner satisfaction à ce que l'on avait prévu, M. Joubert a cédé à la tentation de ce qu'on pourrait appeler, en langage familier, le coup de pouce involontaire ; car en relisant, une fois prévenu, la conclusion citée *in extenso*, on voit bien qu'en changeant d'une façon quelconque l'Origine sur l'axe des temps on est mathématiquement impuissant à annuler C_1 si C_1 n'est pas nul pour toutes les Origines de temps possibles.

La seule conclusion légitime c'est que la périodicité étant certaine de fait, il faut nécessairement que dans la valeur de i, quelle qu'elle soit, il ne reste pas de terme exponentiel non négligeable. Si nous connaissions la valeur de C_1 avec une approximation quelconque, nous pourrions en outre dire que pour toute valeur finie de C_1, même très grande, le terme exponentiel serait négligeable, puisque ce terme exponentiel est

$$\frac{C_1 E_0}{U} \frac{1}{e^{\frac{R}{U}t}}$$

et que par les conditions dans lesquelles était placé M. Joubert ($R = 10$, $U = 0{,}1$), le facteur $\frac{1}{e^{\frac{R}{U}t}}$ devient $\frac{1}{2{,}718^{100t}}$; il est donc si petit que même après une seule seconde de fermeture du circuit il rendrait le terme exponentiel négligeable.

La vérité algébrique serait alors que C_1 n'étant pas nul mais n'étant pas infini, la courbe réelle de i se composerait de la somme de 2 courbes : l'une, celle du 1er terme périodique, la seconde celle du terme exponentiel se confondrait presque aussitôt et définitivement avec l'axe des temps, elle serait donc pratiquement comme si elle n'existait pas.

Mais de ce que la valeur du courant se réduit en fait à une expression périodique, il ne faudrait pas conclure que la formule simple à laquelle arrive M. Joubert puisse être cette expression périodique.

D'abord au lieu d'être invariable, comme le supposait l'auteur, le champ magnétique était périodiquement variable et c'est pour cela que la mesure directe, ainsi qu'il l'a remarqué avec étonneme nt. a p lui donner une ordonnée maximum plus près de l'ordonnée nulle suivante que de l'ordonnée nulle précédente.

Le champ variait périodiquement parce que son intensité moyenne était très faible 370 unités CGS et parce que sa distance d'entre-fer était relativement grande. Il en résultait que les lignes de force étaient très sensiblement déviées par le courant établi périodiquement; cette déviation avait lieu dans le sens du mouvement, ce qui retardait l'instant du courant maximum.

Ainsi, pour cette réalité expérimentale, la courbe des intensités n'était pas une courbe symétrique à l'ordonnée maximum dans la demi-période, mais, il y a plus, la sinusoïde de M. Joubert ne serait pas la représentation des faits même si le champ magnétique était supposé rendu rigoureusement invariable, ainsi que nous le constaterons tout à l'heure.

Cependant, comme la périodicité doit exister néanmoins, on serait conduit généralement à une équation, série convergente de la forme générale:

$$y = A_0 + A_1 \cos. x + B_1 \sin. x + A_2 \cos. 2x + B_2 \sin. 2x + \ldots$$

et alors on serait en droit d'affirmer que la constante C_1 n'a pas une valeur finie.

M. Joubert avait cru pouvoir conclure que son champ magnétique ne variait pas pendant la marche parce qu'il n'avait pas remarqué de variation dans l'indication d'un galvanomètre placé dans le circuit excitateur, soit qu'il fermât ou qu'il ouvrît le circuit induit; nous verrons dans le Mémoire que cette déduction est très loin d'être rigoureuse, nous discutons ce point avec exemple à l'appui.

Mon opinion motivée est que, dans les dynamos à courants alternatifs, il est également d'une importance capitale de donner au champ magnétique une très grande intensité.

Je prouve même que ce *desideratum* s'impose plus impérieusement encore pour cette classe d'appareils.

Supposons que M. Joubert ait pris ses mêmes mesures sur une dynamo à très faible entre-fer et très puissant champ magnétique,

l'effet de self induction n'aurait pas moins subsisté, et, par suite, les points du courant nul n'en auraient pas moins été déplacés dans le sens du mouvement; mais les lignes de force n'étant pas déviées même par le courant maximum, le point de courant maximum aurait coïncidé avec le point de force électromotrice maximum due au champ inducteur, et, par suite, l'observateur aurait constaté que l'ordonnée maximum était au contraire plus rapprochée de l'ordonnée nulle précédente que l'ordonnée nulle suivante, la sinusoïde, ne serait donc pas admissible même avec un champ magnétique invariable, rien que du fait des réactions de self induction.

Les effets de self induction interviennent dans les dynamos à courant continu et dans les dynamos à courants alternatifs, mais avec cette différence que dans les dynamos à courants alternatifs il n'y a jamais fermeture de circuits distincts hors du circuit général, il ne peut donc y avoir, de ce seul chef, aucune perte d'Énergie, par conséquent aucune perte de rendement, mais il peut y avoir perte importante d'utilisation spécifique des matériaux, puisqu'il peut y avoir abaissement du courant moyen, de ce chef, toutes choses égales d'ailleurs.

Je ne pense pas, d'ailleurs, que les réactions intervenant dans le fonctionnement des dynamos à courants alternatifs se bornent aux effets de self induction : par exemple, les effets électro-statiques doivent se produire et doivent augmenter avec la finesse du fil induit et la tension d'émission.

Les effets d'accroissement de la résistance spécifique du cuivre doivent croître également avec la longueur du fil induit.

Je crois avoir donné assez de raisons pour justifier la conclusion à laquelle je suis arrivé, cette conclusion est que les courants alternatifs doivent être étudiés directement et non pas seulement par les effets moyens résultants, par l'intégration expérimentale portant sur la période; il faut, avant d'avoir la prétention de poser des bases théoriques, il est indispensable de disséquer numériquement chaque élément point par point, c'est ce que j'ai l'intention de faire.

Vous trouverez dans le Mémoire le programme que j'ai dressé, il est applicable à l'étude des dynamos à courants alternatifs et des Transformateurs secondaires, il comporte l'emploi d'intéressants et délicats dispositifs d'analyse expérimentale rappelant les méthodes et les procédés qui m'ont permis de discerner et d'isoler les diverses réactions secondaires des dynamos à courant continu, je compte réaliser ce programme avec le concours de M. Arnoux. Cette étude élucidera la théorie des appareils à courants alternatifs.

A titre de considération générale sur le fonctionnement des Transformateurs secondaires, j'ai placé sous vos yeux, sur le tableau en face, cette figure qui représente trois fonctions du temps intégrales successives l'une de l'autre. Etant donné que la force électromotrice du

circuit secondaire est proportionnelle à la dérivée du courant primaire, un courant primaire variant comme l'indiquent les branches de parabole 1, 1, engendrerait dans le circuit secondaire une force électromotrice dont la fonction du temps serait conforme aux lignes droites brisées successives 2, 2. Un courant primaire variant proportionnellement aux ordonnées de ces lignes brisées 2, 2, engendrerait dans le circuit secondaire une force électromotrice constante dont la fonction du temps serait alors la série de lignes droites 3, 3, parallèles à l'axe des temps.

DISTRIBUTION DE L'ÉNERGIE

Il y a lieu, je pense, de rapporter la Distribution aux trois coordonnées *Espace*, *Nombre-grandeur*, *Forme*.

Espace, c'est-à-dire unité ou pluralité du lieu de distribution.

Nombre-grandeur, c'est-à-dire fixité ou variabilité du nombre des récepteurs et de leur puissance.

Forme, c'est-à-dire unité de la forme ou diversité des formes en lesquelles l'Énergie électrique peut être transformée.

D'une façon générale, les divers récepteurs d'Énergie, qu'ils soient voisins ou éloignés les uns des autres, peuvent être alimentés d'électricité en série ou en batterie, c'est-à-dire que ces récepteurs peuvent être placés en série ou tension, à la suite les uns des autres sur la même circulation, sur le même courant, comme sont placées des roues hydrauliques établies sur un canal, successivement en aval les unes des autres ; ou bien ces récepteurs peuvent être branchés, en batterie ou quantité ou dérivation, sur un même Canal ou Ligne, comme sont branchées, sur une même conduite d'eau ou de gaz, les diverses prises locales d'une Distribution d'eau ou de gaz.

En principe, il paraît indifférent que les récepteurs soient en série ou en dérivation; l'alimentation dérivée se présente d'abord à l'esprit par analogie avec les Distributions d'eau et de gaz.

Ce rapprochement est superficiel : ces conduites transportent, sous le mode *actuel*, de l'Énergie *différée;* un robinet d'eau ou de gaz absorbe bien une partie de la charge mécanique de ce Transport (mode actuel), mais le barrage plus ou moins accentué de ce robinet n'entraîne aucun sacrifice de l'Énergie différée (eau et gaz) de la chose transportée. Pour nous qui transportons du mode actuel, un barrage régulateur obtenu par une résistance électrique serait une perte de la chose transportée, ce serait comme si, pour l'eau et le gaz on réglait le débit utile en écoulant le surplus inutilisé, à l'égout ou à l'atmosphère.

Quelque prodigue que paraisse ce procédé, il faut pourtant se rappeler avec modestie qu'il a été employé tout d'abord, et l'on trouverait encore des exemples d'Installation de lumière électrique, où une

lampe éteinte est remplacée par une résistance équivalente, supprimant ainsi la lumière sans diminuer la dépense d'Énergie.

Avec l'unité d'*Espace* et la fixité du *Nombre-grandeur*, il n'y a évidemment aucune difficulté, que les récepteurs soient identiques ou différents les uns des autres, que l'alimentation soit organisée en série ou en dérivation.

Mais avec la pluralité d'*Espace*, aussitôt interviennent d'importantes restrictions même avec invariabilité du *Nombre-grandeur*.

Pour fixer les idées sur ce point et le rendre très clair, prenons le problème consistant à organiser l'alimentation électrique d'un grand nombre de lampes à incandescence, Edison par exemple, réparties régulièrement sur un long parcours en ligne droite s'éloignant de l'usine d'Énergie.

Il n'est pas certain qu'on ne puisse pas arriver à perfectionner les lampes fonctionnant sur un courant important et une faible différence de potentiel, et à les rendre assez avantageuses pour que des Distributions en série deviennent rationnelles; jusqu'à ce moment et incontestablement dans le principe, les seules lampes à incandescence considérées comme pratiques ont nécessité des Distributions en dérivation, en raison de la différence de potentiel élevée, nécessaire à leur alimentation.

Or il n'est pas admissible qu'il y ait lieu de construire des types de lampes variant avec la distance de l'usine, d'autant plus que ce moyen cesserait même d'être efficace si l'on faisait varier le nombre des lampes en service, il faut donc évidemment que la fabrication ne comporte que les mêmes types pouvant être employés à toutes distances de l'usine.

Mais si n récepteurs, n lampes identiques, sont branchés successivement en dérivation sur les deux conducteurs parallèles partant des pôles de la dynamo génératrice, il est clair que la seconde lampe à partir de l'usine recevra un peu moins de courant que la première, la troisième un peu moins que la deuxième et ainsi de suite en s'écartant de l'usine.

J'avais traité mathématiquement et complètement élucidé cette question dès l'origine de mes recherches, et j'ai fait connaître ces travaux à l'occasion du Congrès de 1881. M. Regray, ingénieur en chef du Matériel et de la Traction du chemin de fer de l'Est, a cité mes formules, les prenant comme base de recherches qu'il a publiées.

ρ étant la résistance d'un de ces récepteurs, a la résistance du Canal entre deux récepteurs consécutifs, E_n, E_{n-1} ... E_2, E_1, les différences de potentiel effectives des récepteurs successifs à partir de l'usine, on a :

$$\frac{E_n - E_1}{E_1} = C_1 x^1 + C_2 x^2 + C_3 x^3 + \ldots + C_{n-1} x^{n-1}$$

Vous trouverez dans le Mémoire la loi de formation et les Tableaux des coefficients C_1 C_2 ... C_{n-1}, la question était donc complètement résolue. J'ai donné en outre des formules exprimant la valeur de ces coefficients en fonction de n.

Les deux premiers termes en n et en n^2 sont les seuls dont il y ait à tenir compte dans la plupart des applications, parce que j'ai prouvé qu'il est nécessaire que n soit très petit pour que le système de Distribution soit seulement possible avec un grand nombre de dérivations.

J'ai donné aussi les formules pour des canaux secondaires, tertiaires ou d'un ordre quelconque.

Au Congrès de 1881, j'ai fait une application numérique au Système Edison tel qu'il arrivait d'Amérique. J'ai prouvé que les chiffres mis en avant pour les sections métalliques du Canal projeté ne pouvaient donner les résultats attendus par les intéressés avec 1,000 lampes réparties sur une portée d'un mille (1,333 mètres).

Les prévisions de la théorie se sont vérifiées par la suite.

J'ai prouvé qu'il fallait :

Soit augmenter la section du Canal,

Soit exploiter en ayant partiellement recours à l'arrangement en tension,

Soit créer d'autres prises de courant, multipliant les points d'alimentation vierges des affaissements si rapides de la différence de potentiel disponible.

Mais je disais que malgré ce vice naturel du Système, la Distribution en quantité me paraissait néanmoins indiquée presque exclusivement dans certains cas, par exemple pour desservir des récepteurs mobiles tels que des véhicules électriques.

En 1884, MM. Edison et Hopkinson ont signalé simultanément un moyen de réduire de $\frac{5}{8}$, environ 60 0/0, la dépense du cuivre de canalisation avec un troisième fil entre les deux branches du canal.

Ce moyen consiste donc à recourir partiellement à l'alimentation en série, puisque, en fait, les lampes sont accouplées deux par deux en tension, et aussi la différence du potentiel qui alimente la ligne doit être doublée.

Cette même économie sur le cuivre est réalisable, comme je l'avais signalé en 1881, par l'alimentation en opposition substituée à l'alimentation en correspondance, étant sous-entendu d'ailleurs que des exploitations suffisantes de force motrice ou de chauffage permettent d'utiliser la branche supplémentaire.

J'ai donné dès cette époque la théorie de ces procédés :

L'équation de la chute relative de potentiel total est du degré $\frac{n}{2} - 1$ en opposition, et du degré $n - 1$ en correspondance. Quant au

coefficient de x^1 il varie comme le carré de n (le terme en x^1 est le seul à considérer quand x est très petit), le terme $C_1 x^1$ ne varie pas si $\frac{a}{\rho} = x^1$ varie dans la proportion inverse de la variation du carré de n; c'est le cas si la section devient 4 fois plus faible alors que n devient 2 fois plus petit parce qu'il y a 2 lampes en tension sur chaque dérivation : C_1 devient 4 fois plus petit et $\frac{a}{\rho}$ devient $\frac{4a \times 2}{2\rho}$, c'est-à-dire devient 4 fois plus grand ; de même en opposition $\left[\frac{n}{2}\right]^2$ devient 4 fois plus petit que n^2 et $\frac{a}{\rho}$ devient $\frac{4a}{\rho}$, c'est-à-dire quadruple si la section devient 4 fois plus petite. Quant à la dépense de cuivre, en comptant le 3me fil, elle devient donc dans les deux cas, $\frac{1}{4} + \frac{\frac{1}{4}}{2} = \frac{3}{8}$ au lieu de $\frac{8}{8}$.

D'une façon générale, les Distributions en dérivation offrent l'avantage de rendre les récepteurs complètement indépendants les uns des autres sous le rapport de la sécurité naturelle de leur alimentation.

Il est donc juste de voir par contre dans les Distributions en série le désavantage de rendre les récepteurs naturellement dépendants les uns des autres comme alimentation ; on peut alors craindre que l'interruption accidentelle du passage du courant dans un récepteur n'interrompe la circulation générale, mais je crois que pour juger sainement il faut bien se garder de tirer *a priori* des conclusions absolues dans un sens ou dans l'autre.

Il est bien certain par exemple que des appareils hydrauliques placés sur un Canal en aval les uns des autres ont bien leurs courants d'alimentation respectifs, non indépendants les uns des autres; cependant il ne viendra à la pensée d'aucun spécialiste de renommée à une telle utilisation, puisqu'il suffit que l'exploitation soit organisée de telle façon que le débit du Canal puisse sûrement trouver un passage hors d'un récepteur qui ne pourrait plus laisser passer le courant.

De même en électricité il est facile de faire en sorte que le passage du courant à travers chaque récepteur soit la chose difficile à obtenir et qu'au contraire le passage hors du récepteur soit la chose normale et ultra-assurée.

D'une façon générale, les Distributions en tension, le courant réglé à l'usine, offrent l'avantage de ne pouvoir jamais avarier un récepteur quoi qu'il puisse arriver localement, tandis que les Distributions en dérivation à différence de potentiel assurée par le réglage à l'usine tendraient à faire passer un courant infini par une résistance devenue nulle ; et lorsque les précautions techniques ne sont pas bien prises, il peut

y avoir et il y en a eu souvent des causes d'incendie du fait de ces courts circuits accidentels.

Mais s'il est juste d'exposer aussi cette cause naturelle d'infériorité de la dérivation, j'insiste également sur le point de vue qui consiste à envisager avec calme tous les inconvénients et tous les dangers qu'on peut prévoir et qu'on peut conjurer par une organisation rationnelle.

Nous avons signalé l'inconvénient naturel aux Distributions en dérivation au point de vue de la difficulté d'assurer un courant constant aux divers récepteurs successifs placés à des distances différentes de l'usine ; c'est là le défaut le plus grave, et, pour rendre l'idée bien nette, au risque de l'accentuer un peu trop, on pourrait dire que la Distribution par dérivations successives est naturellement contre-régulatrice, tandis que la Distribution en série est naturellement régulatrice pour des récepteurs placés à des distances quelconques de l'usine, pourvu que le courant prévu soit maintenu constant à l'usine.

Au point de vue des récepteurs dynamos, un avantage important de la Distribution en série consiste dans la possibilité de donner à toutes les dynamos réceptrices une grande section de fil induit et d'échapper aux inconvénients et aux affaissements de rendement individuel et d'utilisation spécifique des matériaux causés par l'emploi des nombreuses circonvolutions du fil fin induit.

D'une façon générale, pour l'alimentation, en dérivation ou en série, d'un nombre de récepteurs invariables comme conditions de fonctionnement, mais variables comme nombre, l'alimentation d'ensemble doit être réglée au point d'émission de telle sorte que l'alimentation individuelle reste la même malgré la variation du nombre, sinon chaque alimentation individuelle se trouverait augmentée ou diminuée à tout changement de nombre.

Cette obligation de réglage s'applique aux deux genres de Distribution et à l'unité comme à la pluralité des lieux de Distribution.

Que l'émission soit dynamo-électrique ou non, le réglage doit toujours consister, en définitive, à augmenter ou à diminuer convenablement l'exportation d'Énergie électrique.

Pour obtenir ce résultat, il est possible d'intervenir de bien des façons différentes dans le fonctionnement des sources dynamos.

On peut ranger les solutions en quatre groupes principaux de moyens employés séparément ou concurremment, ces moyens tendant à modifier :

L'allure des déplacements relatifs des inducteurs et des induits;

Le champ magnétique;

Le champ électrique;

Le nombre et le groupement des éléments générateurs.

Je ferai la même remarque, recommandant de ne pas prononcer d'ostracisme général *a priori*, alors que les convenances spéciales des

applications diverses peuvent faire disparaître dans un cas particulier des inconvénients qui seraient rédhibitoires dans la plupart des applications différentes.

Cependant, si nous spécialisons le débat en visant une importante émission, il y a lieu de remarquer que ces diverses interventions sont loin d'être également recommandables.

La variation de l'allure peut alors manquer d'instantanéité et avoir de sérieux inconvénients lorsque les masses deviennent trop importantes, tandis que ce réglage du courant d'une dynamo de masse petite ou moyenne est excellent lorsqu'on dispose d'une chaudière où la pression peut être maintenue constante malgré les variations de consommation ; il suffit de supprimer tout régulateur de la vitesse de la machine à vapeur. Je cite avec plaisir cette solution simple du réglage d'un courant, parce que je l'ai découverte et réalisée, d'abord accidentellement, au fort de Querqueville, sur les Lignes de défense de la Rade de Cherbourg, il y a bien des années; elle m'a même beaucoup gêné, car elle m'empêchait tout fonctionnement du mécanisme de réglage d'un puissant régulateur de lumière à arc, l'un des premiers construits par M. Serrin, que j'ai dû faire fonctionner à la main en suivant et maintenant l'écartement des charbons pendant de longues heures d'une expérience officielle.

Le fonctionnement du dispositif a paru parfait aux Autorités militaires qui, de l'autre côté de la rade, examinaient l'effet produit, sans savoir que mes yeux, soumis à une température par trop anormale, payaient la différence entre l'apparence et la réalité. Cependant, je n'ai pas regretté cette mésaventure, parce qu'en l'analysant, j'ai été conduit à la combinaison du réglage automatique des Robinets électriques.

Dans l'expérience de Querqueville, le régulateur de la locomobile, ayant été faussé dans le transport, ne pouvait plus fonctionner, de sorte que la lampe Serrin, livrée à elle-même, laissait brûler ses charbons, jusqu'à rupture de l'arc voltaïque, sans pouvoir les rapprocher puisque le courant était maintenu constant, la dynamo accélérant automatiquement son allure pour maintenir son effort résistant égal à l'effort moteur constant dû à la constance de la pression de la vapeur sur le piston de la locomobile. Dans les Robinets électriques, deux dynamos compensées sont liées cinématiquement, la première est alimentée par le courant commun maintenu constant à l'usine et jouit d'un couple mécanique constant qu'elle impose à la seconde machine, laquelle ne peut alors que verser dans son circuit local un certain courant nécessairement constant malgré les variations arbitraires du service de ce circuit, puisque cette seconde machine ne peut être en équilibre dynamique que lorsque son couple résistant égale son couple moteur, c'est-à-dire lorsque le courant électrique qui la traverse a

pris la valeur fixe qui correspond à cette valeur fixe de couple résistant.

La variation du champ électrique manque de simplicité, elle n'a guère été réalisée qu'en changeant le calage des balais et pour de petites dynamos.

La variation du champ magnétique est la seule qui ait été employée jusqu'à présent dans la pratique courante.

Le seul procédé a consisté à modifier le courant du circuit excitateur de l'électro-inducteur ; MM. Edison, et Gaulard et Gibbs introduisent en série avec le circuit un rhéostat variable à la main ou automatiquement.

Cette intervention mécanique automatique est alors réglée par un des organes vigilants dont je parlerai tout à l'heure.

Ce genre de modification pourrait, comme je l'ai indiqué, être également obtenu avec plus d'économie d'Énergie, en modifiant le nombre ou le groupement des éléments du circuit excitateur.

Dans certains cas, de même que l'on fait varier la résistance du rhéostat intercalé en série dans le circuit excitateur de l'électro placé en dérivation lorsque la dynamo alimente extérieurement en dérivation, de même, on peut placer le rhéostat en Shunt ou dérivation sur le circuit excitateur, lorsque la dynamo distribue en série, aux travaux locaux qu'elle alimente, la puissance électrique qu'elle extériorise.

Au point de vue de la dépense d'Énergie, il est indifférent d'exciter une dynamo en série ou en dérivation, c'est-à-dire de relier d'une façon quelconque le circuit excitateur au circuit induit ; il n'existe rigoureusement aucun avantage ni comme rendement ni comme utilisation spécifique des matériaux, si le fonctionnement est supposé invariable. — J'ai établi ce fait au Congrès de 1881, contrairement à l'opinion qui venait d'être émise par sir William Thomson. Dans un travail théorique publié aux Comptes Rendus, l'illustre Savant concluait à l'avantage de l'excitation dérivée pour augmenter le rendement d'une dynamo.

Je n'insiste pas sur les effets de self induction, plus accentués dans les circuits longs et fins des excitations dérivées, qui tendraient à rendre plus sensibles extérieurement les variations nuisibles du courant extérieur attribuables à des irrégularités de vitesse. Ces irrégularités peuvent et doivent être évitées dans une Organisation sérieuse. Mais il est important de faire ressortir ce point que dans le cas où l'on se propose de modifier l'excitation pour maintenir la puissance d'une dynamo au niveau des variations d'Énergie électrique à consommer sur le circuit extérieur, les deux modes d'excitation ne doivent pas être appliqués indifféremment, car l'excitation dérivée est naturellement contre-régulatrice d'un service en dérivation, et l'excitation en série contre-régulatrice d'un service en série : en effet, les exigences du

service en série augmentent quand le courant extérieur tend à diminuer et l'excitation en série diminuerait le magnétisme au moment où il a besoin d'être augmenté. De même les exigences du service en dérivation augmentent quand le courant extérieur tend à augmenter, cette augmentation avec l'excitation dérivée aurait lieu au détriment du courant excitateur, c'est-à-dire diminuerait le champ magnétique au moment où il faudrait l'augmenter ; de même, en supposant le travail extérieur brusquement abaissé dans une proportion importante, ces excitations contre-régulatrices tendraient à avarier ou détruire la dynamo par échauffement anormal de l'induit.

L'excitation dérivée est donc alors seule rationnelle pour le service en série et l'excitation en série est seule rationnelle pour le service en dérivation.

Cette conclusion est d'ordre général et ne préjuge pas le mode spécial d'intervention modificatrice du champ magnétique des dynamos.

L'intervention modificatrice du champ magnétique peut être déterminée par une intervention mécanique automatique ou non, ou peut être directement automatique, c'est-à-dire utiliser les réactions électromagnétiques comme celle que nous allons examiner,

Les dynamos dites *Compound* sont des machines établies avec un magnétisme assez influençable pour que les variations utiles du champ magnétique et par suite la puissance de la dynamo soient commandées par les variations du courant du circuit excitateur invariablement relié au service extérieur de la dynamo.

C'est dire que le fer des électros est loin de son point de saturation magnétique, et pour avoir une telle sensibilité, la donnée même de la construction est l'emploi d'une masse de fer supérieure à celle qui eût suffi à donner la plus grande exportation d'Énergie prévue par l'Organisation avec une meilleure utilisation spécifique du fer.

Vous pouvez en conclure de suite que les Compound sont destinées à disparaître en même temps que l'individualisme de la production de l'Énergie électrique, car la production collective n'admettra pas une aussi mauvaise utilisation spécifique des matériaux.

Une régulation foncièrement automatique pourrait d'ailleurs être en même temps d'un emploi rationnel et nous en donnerons des exemples, mais ce n'est pas le cas des Compound.

Les Compound usuelles comportent deux enroulements excitateurs : l'un en série, l'autre en dérivation sur le service extérieur.

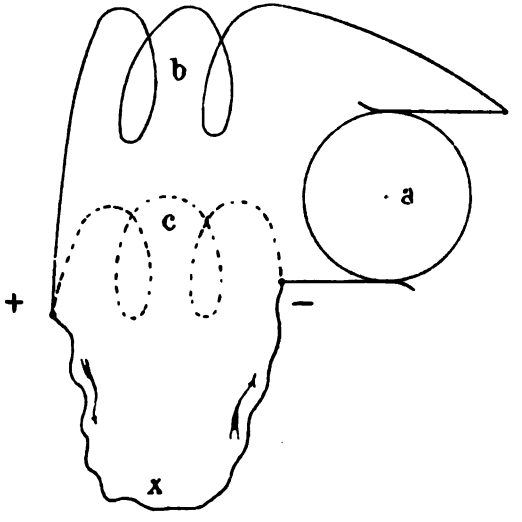
L'idée première appartient à M. Deprez qui avait d'abord proposé d'exciter l'un de ces circuits par une dynamo séparée et même par une pile. Cette idée a été perfectionnée d'une façon notable par d'autres Électriciens qui ont pensé à alimenter également ce second circuit excitateur par la dynamo elle-même, en particulier par notre collègue Desroziers.

J'insiste sur ce point, qui passe généralement inaperçu, qu'il n'y a aucun parallèle raisonnable à établir entre une Compound dont le service est en série et une Compound dont le service est en dérivation.

En effet, le service en dérivation est pour ainsi dire d'abord assuré naturellement quel que soit l'origine du champ et son mode d'excitation; la dynamo étant maintenue à son allure constante, il n'y a de motif d'intervenir que pour compenser la perte variable de différence de potentiel consommé par l'induit, perte croissant proportionnellement au courant, c'est-à-dire proportionnellement à la puissance fournie extérieurement; mais, même avec le maximum de cette puissance, cette perte est toujours faible dans toute dynamo dont le rendement individuel est convenable. Il n'y a donc jamais, en fait, à modifier que dans un faible rapport la force électro-motrice engendrée et par suite le champ magnétique.

Au contraire, avec le service en série, la force électro-motrice et par conséquent aussi le champ magnétique doivent être augmentés proportionnellement à la puissance fournie intérieurement et extérieurement; la Compound de série serait donc, on peut le dire, beaucoup plus irrationnelle que la Compound de dérivation, toutes choses égales d'ailleurs; du reste je reviendrai tout à l'heure sur cette question à propos de l'équation même des Compound.

Fig. 1.



Différence de Potentiel extérieure constante.

ou :

$$I_a^2 (a + b) + \frac{bE_0^2}{a^2} - \frac{2bI_aE_0}{a}$$

Son travail net s'est donc accru de 0 à :

$$I_aE_0 (a + b) - \frac{I_aE_0 (a + b)}{a} - I_a^2 (a + b) - \frac{bE_0^2}{a^2} + \frac{2bI_aE_0}{a}$$

ou :

$$I_aE_0 - I_aE_0 \left[\frac{bE_0^2}{a^2 I_a} + \frac{a - b}{a}\right].$$

et, par conséquent, la différence entre le travail net de la Compound de dérivation et celui de la Compound de série est de :

$$I_aE_0\left[\frac{bE_0^2}{a^2 I_a} + \frac{a - b}{a}\right] \text{ watts par seconde.}$$

D'une façon générale, toute régulation automatique agissant par variation du champ magnétique en utilisant des réactions électro-magnétiques telles que les circuits excitateurs restent invariablement reliés à la circulation extérieure, nécessite une complète influençabilité du champ magnétique, même au moment du travail maximum.

Cette nécessité entraîne l'obligation d'employer le fer suffisamment loin du point de saturation et par suite est nuisible à la bonne utilisation spécifique des matériaux.

Il est rationnel qu'entre deux maux l'on choisisse le moindre, et c'est la situation d'un consommateur d'Énergie qui est en même temps son propre fabricant d'électricité, il doit craindre surtout la complication du service du matériel de sa petite usine, il cherche à éviter l'obligation d'un personnel spécial et il raisonne juste en assurant la simplicité et la sécurité et en les payant. s'il y a lieu, par une plus grande dépense d'Énergie ou de matériaux.

Mais supposons une usine d'émission utilisant une puissance naturelle : la principale dépense portera sur le matériel électrique, il y aura tout intérêt à le faire travailler au maximum de rendement spécifique des matériaux et, par conséquent, le fer sera employé près de son point de saturation, ce qui constituera une économie importante ; il serait, au contraire, tout à fait sans inconvénient d'introduire une intervention mécanique automatique régulatrice, de l'excitation magnétique par exemple, dans cette usine dont la surveillance technique est facile et assurée.

D'une façon générale, dans une grande Organisation émettant l'Énergie électrique, en vue de Distributions comportant l'emploi de l'Énergie sous ses principales formes, je pense que la base rationnelle est, comme dans toute autre usine, la fabrication de l'unité dont il s'agit dans les conditions économiques les plus avantageuses.

Que l'usine d'Énergie électrique comporte un nombre quelconque grand ou petit, de générateurs d'électricité, je pense donc que la base logique est la multiplication de l'unité d'Énergie fabriquée dans des conditions invariables.

Sans doute, il est facile de trouver, sans limite, des combinaisons plus ou moins ingénieuses, par la raison que nous pouvons agir sur plusieurs facteurs, mais je pense qu'il faut savoir s'arrêter sur cette pente, je donnerai, à propos de la Distribution de Creil, un exemple typique de ces facilités spéciales, magnétiques et électriques, pouvant tourner en inconvénients, lorsque un bon jugement technique n'intervient pas tout d'abord pour écarter ce qui n'est qu'ingénieux.

Je vais, par une hypothèse, qui peut un jour devenir une réalité, rendre plus nette ma pensée sur les conditions naturelles d'un fonctionnement d'usine de transformation d'Énergie d'une forme quelconque en forme électrique. Supposons que, dans certaines données, la dynamo cesse d'être la source la plus économique de production d'électricité. Supposons qu'elle se trouve détrônée par une pile quelconque hydro ou thermo-électrique, ce qui n'est ni absurde ni impossible *a priori*; il ne resterait rien des systèmes en désaccord avec le principe que je viens de poser, tandis que le système préconisé resterait rigoureusement applicable, les éléments-source devenant simplement hydro ou thermo-électriques et l'organe vigilant continuant à remplir sa même fonction automatique consistant à tenir le nombre ou le groupement des éléments en rapport constant avec les besoins extérieurs.

Ainsi les piles thermo-électriques sont considérées en principe, très injustement pour moi, comme incapables de fournir jamais des résultats industriels.

Nous avons vu que le rendement des piles thermo-électriques Clamond, livées à l'exploitation, est resté voisin de 1/2 0/0, alors que la dépense spécifique des matériaux a varié de 6,800 kilos à 1,058 par cheval-vapeur. Rien que par des perfectionnements de détails évidents et sans toucher au fond, il est facile déjà d'atteindre le rendement de 1 0/0; or, au point de vue de la production de l'Énergie électrique, un tel appareil serait déjà égal comme rendement aux locomobiles consommant 8 kilos de charbon puisque l'on peut compter 0,1 laissé dans la transformation mécanique-électrique et 0,1 laissé en chaleur sur la résistance électrique intérieure de la dynamo; un rendement thermo-électrique de 2 0/0 équivaudrait comme production d'électricité à une des nombreuses machines à vapeur consommant 4 kilos de houille, et un rendement de 8 0/0 en thermo-électricité équivaudrait pour la production électrique aux meilleures machines à vapeur consommant 1 kilo de houille en service courant. Pour la production de la force motrice, un ensemble comprenant une dynamo réceptrice et un Transformateur d'un rendement thermo-électrique supérieur à 12 0/0 suffirait donc à détrôner

la machine à vapeur au point de ne plus laisser qu'une valeur historique, rétrospective à cet admirable instrument qui en deux siècles a si profondément modifié toutes les conditions économiques du Globe.

Un tel progrès, permettez-moi de vous l'affirmer, n'a rien d'invraisemblable en thermo-électricité. Remarquez qu'en machines à vapeur, précisément, le progrès n'a pas été graduel, mais au contraire brusque et définitif :

En 1690, Denis Papin invente la machine à vapeur à simple effet, Thomas Newcommen la réalise industriellement en 1705 ; de 1769 à 1784, James Watt triple le rendement par l'application d'un condenseur séparé, par l'isolation calorique des enveloppes peu conductrices et par la détente. Depuis Watt. il faut bien le reconnaître, aucun progrès radical n'a été accompli, malgré des travaux du plus grand mérite.

Pourquoi n'en serait-il pas de même en thermo-électricité. C'est en 1828 que Seebeck discerne la première manifestation de ces transformations d'Énergie ; en 1868, MM. Mure et Clamond font une première pile au sulfure de plomb et fer ; en 1873, M. Clamond présente sa pile à l'alliage zinc-antimoine et fer, appareil à peu près industriel pour certains usages spéciaux. Peut-être l'année 1886 sera-t-elle une date célèbre en thermo-électricité. D'après certaines informations déjà assez précises, j'aurais quelque raison de ne pas en être trop étonné ; ce serait un nouvel exemple de la ligne brisée de Pascal, un peu plus rapide encore comme il conviendrait à une période plus laborieuse et plus savante.

On admet maintenant, non sans nous l'avoir contesté d'abord, que les Organisations n'auront de raison d'être, à titre industriel sérieux, que si elles peuvent distribuer en même temps la chaleur, la lumière, l'action chimique et l'action mécanique ; la téléphonie et les sonneries s'adjoignant sans difficulté, elles n'entraînent qu'une faible dépense d'Énergie.

L'émission doit être organisée de façon que l'Énergie exportée pour toute la Ligne, puisse, sans déperdition, varier à la volonté des consommateurs, de zéro à un maximum prévu. L'Organisation doit permettre l'utilisation des mêmes types récepteurs en des points quelconques du parcours desservi. Un récepteur donné étant caractérisé par le débit électrique de son régime normal, il faut qu'il puisse toujours le recevoir de son alimentation respective et j'ajouterai : le recevoir dans les mêmes conditions.

J'ai dit un mot déjà des Distributions, en dérivation ou en tension, à des récepteurs invariables tels que des lampes à incandescence.

Pour des récepteurs dynamos l'alimentation en série est d'une grande sécurité, les avaries sont impossibles, le courant ne pouvant pas dépasser la valeur de régulation, que la vitesse du récepteur dynamos soit

grande ou nulle. La dynamo compensée jouit alors d'un couple constant, elle représente la machine pour ainsi dire parfaite, qui serait constituée par un tambour d'horloge dont le poids moteur serait constant et en outre pourrait être enlevé ou replacé à volonté. Les récepteurs dynamos en séries peuvent être enroulés de gros fil induit.

Au contraire, l'alimentation en dérivation place les récepteurs dynamos dans une situation critique pour la mise en marche et l'arrêt, puisqu'alors le courant est hors de proportion avec la section conductrice du récepteur. Les récepteurs dynamos ne peuvent être enroulés que de fil induit fin.

Sans doute, il est possible de prendre des dispositions propres à conjurer ce danger, mais il n'en est pas moins vrai que la situation est naturellement critique.

Étant admis que le parcours desservi a une grande étendue et comporte la Distribution sous les principales formes, je pense : 1° que la série s'impose pour les centres successifs de répartitions locales; 2° qu'une transformation au moins s'impose à l'arrivée.

En effet, d'une part les hautes tensions sont nécessaires à l'économie du Transport à grande distance, et d'autre part, il n'est pas admissible que de hautes tensions soient mises entre les mains des consommateurs.

Je pense qu'il y a une distinction capitale à faire entre la Distribution à tous les centres successifs et les Distributions de chacun de ces centres successifs. Je pense que les centres successifs de répartitions locales devront, suivant les cas, distribuer en série ou en dérivation ou même en série et en dérivation.

Dans le cas où la série conviendra à cette répartition, le Robinet électrique présentera des avantages précieux de fonctionnement automatique.

Grâce à ces premiers appareils transformateurs, que j'ai fait connaître en 1880, il est possible, avec un courant mère réglé à l'usine, de verser par transformation, en tous les points successifs du parcours, des courants continus ou des courants alternatifs de toutes grandeurs alimentant, dans un certain périmètre local, des puissances variables arbitrairement en nombre et en grandeur, sans compromettre la régulation automatique des débits locaux desservant ces puissances.

Par contre, pour des récepteurs dynamos devant commander un arbre à allure constante, l'inconvénient de l'alimentation en série est que l'effort résistant venant à augmenter pendant le service, il y a ralentissement et arrêt, à moins que, par un dispositif convenable, il n'ait été avisé à ce défaut naturel. J'ai indiqué le moyen consistant à employer la modification d'effort résistant à modifier le rapport des diamètres de la transmission entre l'arbre récepteur et l'arbre résistant, de

façon à augmenter automatiquement l'allure du récepteur pour maintenir l'allure de l'arbre résistant malgré l'accroissement d'effort.

Cette combinaison permet aussi, au moyen d'un récepteur dynamo sur courant constant, de commander un générateur de différence de potentiel constante par exemple.

J'ai combiné aussi des Robinets transformateurs dans lesquels les balais seuls sont animés d'un mouvement de rotation.

Mes Cliquets électriques sont des appareils sans commutateurs locaux. Ces appareils à deux fils distincts sont astreints à suivre synchroniquement l'émission.

J'ai combiné aussi des génératrices et des réceptrices spéciales, dans lesquelles les induits sont généralement fixes et les inducteurs mobiles.

Ces appareils comportent une Ligne en plusieurs fils distincts, dans chacun desquels le courant est changé automatiquement de sens à des intervalles assez éloignés pour qu'on puisse dire qu'ils sont parcourus par une succession de courants continus, plutôt que par des courants alternatifs. Les dynamos réceptrices n'ont alors plus de collecteurs.

J'ai combiné des dispositions permettant aussi d'utiliser les machines à courants alternatifs comme réceptrices de puissance mécanique. Ces machines présentent l'avantage naturel du synchronisme, en ce sens que si elles fonctionnent elles ne peuvent fonctionner qu'avec synchronisme, mais elles ont le défaut parallèle d'un fonctionnement naturellement brutal, c'est-à-dire que leur fonctionnement ne se ralentit pas, mais cesse brusquement si la valeur du travail résistant atteint même un seul instant la valeur du travail moteur fourni par l'alimentation du Canal à cette réceptrice tournant à sa vitesse synchrone de l'émission alternative. De même, une telle réceptrice fonctionnerait dans les mêmes conditions, et par suite avec un rendement individuel détestable si le travail résistant brut devenait très faible, par exemple le travail résistant net ou utile devenant nul.

Ma part d'organisation et d'invention a consisté à assurer d'abord à ces Réceptrices une excitation par courant continu ou de même sens, pour bénéficier des puissantes intensités de champ magnétique; puis à faire en sorte que la dynamo règle automatiquement elle-même son alimentation électrique de façon à travailler toujours à bon rendement individuel ; enfin à combiner des dispositions mécaniques permettant de donner toutes les vitesses aux arbres des diverses Réceptrices alimentées par une émission alternative commune, même avec un unique type de dynamo réceptrice.

J'ai combiné des moyens de cantonner les hautes tensions sur la Ligne en les excluant de tout appareil dynamo-électrique.

J'ai combiné des dispositifs permettant d'alimenter les récepteurs dynamo-électriques en ligne ouverte, réalisant ainsi une Distribution naturelle au prix d'un matériel statique de condensateurs.

Lorsque les besoins locaux n'exigent pas une constance absolue de vitesse et peuvent se contenter d'une régulation constante entre des limites prévues, il devient possible avec l'alimentation en dérivation réglée et les dynamos à courant continu, de se passer d'aucune intervention mécanique. J'ai même montré plus haut qu'à mesure que les intensités du champ magnétique deviennent plus élevées, les écarts d'allure peuvent être resserrés entre des limites négligeables pratiquement.

Il faut bien se garder de confondre cette régulation automatique avec les procédés de l'ordre des Compound qui nécessitent une mauvaise utilisation spécifique des matériaux.

Car ici le travail maximum correspond naturellement au maximum d'utilisation spécifique des matériaux.

Lorsqu'il s'agit de distribuer localement, sur un périmètre restreint, une constante différence de potentiel à des récepteurs variables en nombre et en puissance, j'ai fait remarquer qu'une telle régulation s'obtient naturellement, à la condition que la résistance intérieure de l'induit d'un générateur soit très faible. D'après ces deux possibilités, j'ai combiné des Robinets qui peuvent être alimentés par une différence de potentiel élevée, tournent à vitesse pratiquement constante et versent une différencede potentiel pratiquement constante, d'une valeur aussi faible qu'on le veut, à des récepteurs locaux dont la consommation individuelle et d'ensemble peut varier cependant sans restriction de zéro au maximum prévu. Il est bien entendu que, aussi bien dans les Génératrices que dans les Réceptrices de ce genre de Robinets, le travail maximum correspond toujours à l'utilisation maximum des matériaux.

La seconde machine de ce Robinet peut être une dynamo à courants alternatifs.

En définitive, j'ai fourni les moyens rigoureusement automatiques de transformer un courant continu qui peut être de haute tension, en un nombre arbitraire de courants continus ou alternatifs, qui peuvent être de quantité. Ces débits restant réglés malgré toutes variations arbitraires des consommations d'Énergie, et de transformer une différence de potentiel, qui peut être de haute tension, en un nombre quelconque de différences de potentiel restant constantes malgré toutes variations arbitraires des consommations d'Énergie. Le travail maximum de l'organe correspondant dans les deux cas au maximum d'utilisation spécifique des matériaux.

Je fais remarquer que le sens des réactions électro-magnétiques ne permet pas d'autres régulations absolument automatiques.

C'est pour cette raison que dans les Robinets mixtes, c'est-à-dire alimentés en série et versant en quantité, ou alimentés en quantité pour verser en série, j'ai eu recours à des interventions mécaniques com-

mandées d'ailleurs automatiquement par un organe vigilant, lequel intervient parce qu'il perd son état d'équilibre pour toute variation de l'élément qu'il s'agit de maintenir constant.

Lorsqu'il s'agit seulement de maintenir constante la vitesse d'une dynamo réceptrice, entraînant par exemple une machine-outil, l'organe vigilant peut être basé sur l'action de la force centrifuge, mais il peut également être actionné par l'effort résistant.

Lorsqu'il s'agit de maintenir la constance d'une chute de potentiel ou d'un courant, d'ailleurs sous forme continue ou alternative, l'organe vigilant doit être, comme je l'ai indiqué, une variété quelconque de balance de Becquerel, qui n'occupe son état d'équilibre que lorsque l'élément électrique fonctionne à sa valeur de régulation, toute infraction en plus ou en moins met aussitôt en action l'organe vigilant. J'ai fait, du reste, remarquer que la simple régulation d'allure mécanique peut utiliser également un organe vigilant électrique, dont le courant est alors organisé spécialement.

En tout cas, quel que soit l'organe vigilant et quelle que soit la fonction réceptrice, l'intervention mécanique consiste généralement à modifier l'alimentation de la dynamo réceptrice de façon à modifier le couple moteur de cette dynamo.

Les solutions possibles sont innombrables, j'en ai moi-même indiqué un grand nombre.

On peut agir à la fois sur le champ magnétique et sur le champ électrique, c'est-à-dire sur l'inducteur et sur l'induit, ou n'agir que sur l'un de ces deux facteurs de l'effort mécanique moteur de la dynamo.

J'ai dit que, parmi cette infinité de possibilités, les unes sont rationnelles, les autres déraisonnables, et je vous ai indiqué le meilleur *criterium* pour vous rendre compte sommairement de la valeur d'une solution ou du moins pour écarter d'emblée toutes les solutions qui méritent seulement d'être classées sous le titre d'ingéniosités plus ou moins stériles, ce *criterium* consiste simplement à constater si oui ou non l'appareil fonctionne à utilisation spécifique maximum lorsqu'il développe sa puissance maximum.

Les régulations automatiques, par intervention mécanique modificatrice de l'alimentation des récepteurs à l'arrivée, peuvent s'appliquer même à des émissions non réglées pourvu que ces émissions soient maintenues non inférieures à la quantité totale d'Énergie consommée localement.

J'ai appliqué avantageusement les régulations automatiques à l'arrivée, à la modification de l'alimentation de récepteurs non dynamiques tels que lampes, bains électrolytiques, appareils de chauffage ; l'acte mécanique peut consister à modifier automatiquement par exemple le nombre et les connexions de condensateurs ou de transformateurs secondaires

mis en jeu pour alimenter l'exploitation locale. Vous trouverez dans le Mémoire quelques indications relatives à de nouveaux dispositifs que j'ai combinés pour ces transformations secondaires.

Comme application des principes généraux que nous venons de poser en *Distribution de l'Énergie*, examinons, au point de vue Distribution, les données qui ont présidé à l'établissement du timide essai actuel de Creil-Paris.

La publication de documents authentiques émanant des Ingénieurs du Chemin de fer du Nord et de Fives-Lille nous a appris que le programme arrêté consistait à distribuer, à l'arrivée, une puissance d'environ 80 chevaux entre trois Réceptrices voisines.

C'était déjà un recul sur un programme, à peine antérieur, de Distribution à 4 Réceptrices, puis on s'était réduit à deux Réceptrices, programme en vue duquel M. Deprez avait préparé l'Exposé dogmatique que nous avons déjà cité plusieurs fois.

En réalité, aujourd'hui, le recul s'est accentué jusqu'à une limite qu'il est impossible de dépasser, puisque les quatre,ou les trois, ou les deux Réceptrices sont réduites à *une* Réceptrice. De sorte que la Distribution consisterait ainsi à ne pas distribuer du tout. Cependant on renouvellerait, paraît-il, quelque chose d'analogue à ce qu'on a fait à Grenoble, c'est-à-dire que l'unique arbre récepteur actionnerait, entre autres résistances utiles, une dynamo à vitesse constante alimentant des lampes en dérivation.

Nous ne pouvons donc pas examiner ce qui a été fait, mais nous examinerons ce que devait faire M. Deprez.

Il n'y a rigoureusement aucune différence dans la valeur de la force électromotrice d'émission nécessaire pour organiser, à un rendement donné, avec une Génératrice donnée et après un canal donné, la Distribution d'une puissance donnée, à un même nombre quelconque n de dynamos réceptrices de même vitesse et même carcasse, que ces n dynamos soient alimentées en tension, ou en dérivation, ou suivant un arrangement quelconque de batteries en séries.

En effet, supposons le problème résolu, en dérivation par exemple, appelons I le courant de l'ensemble, appelons r la résistance de l'ensemble récepteur et e sa force électromotrice, la force électromotrice de chacune des machines sera e et la résistance intérieure individuelle sera $n\,r$, le courant individuel sera $\frac{I}{n}$.

Modifions les enroulements des n récepteurs de façon que la résistance intérieure individuelle devienne $\frac{r}{n}$, la force électromotrice sera $\frac{e}{n}$ à la même allure, les machines étant aptes à fonctionner toutes les n en tension sur le courant I.

La déterminante de chacune des Réceptrices ou de leur ensemble n'aura pas varié, pas plus que le rendement individuel et d'ensemble. La puissance sera également restée la même. Le problème sera donc exactement résolu dans les mêmes conditions en tension ou en dérivation.

La seule différence entre l'organisation des n Réceptrices alimentées en dérivation ou en tension sera que la section du fil induit devra être n fois plus petite si les dynamos sont alimentées en dérivation.

Il est bien entendu que si nous voulions tenir compte des réactions secondaires d'induction, nous aurions généralement à tenir compte en outre d'une certaine infériorité de rendement et de puissance pour les dynamos en dérivation.

En conservant nos notations précédentes, les neuf quantités

I, E, e, R, ρ, r, F_T, n nombre de Réceptrices, T puissance d'une réceptrice en watts,

sont liées entre elles par les relations distinctes :

$$I = \frac{E - e}{r + R + \rho}$$

$$eI = nT$$

$$F_T = \frac{e}{E}$$

Il est donc possible d'exprimer trois quelconques de ces neuf quantités en fonction des six autres; il en résulte les trois expressions suivantes de E, e, I :

$$E = \sqrt{\frac{nT\,[R + \rho + r}{F_T - F_T^2}} \qquad (1)$$

$$e = \sqrt{\frac{nT\,[R + \rho + r]}{\frac{1}{F_T} - 1}} \qquad (2)$$

$$I = \sqrt{\frac{nT\left[\frac{1}{F_T} - 1\right]}{R + \rho + r}} \qquad (3)$$

Si nous appelons r_d, r_t, la résistance d'une des n dynamos en dérivation et en tension, e_d, e_t, les forces électromotrices individuelles, I_d, I_t, les courants individuels.

Ces équations deviennent pour l'alimentation en dérivation :

$$E = \sqrt{\frac{T\,[r_d + n\,(r + \rho)]}{F_T - F_T^2}} \qquad (1)$$

$$e_d = \sqrt{\frac{T\,[r_d + n\,(R + \rho)]}{\frac{1}{F_T} - 1}} \qquad (2)$$

$$I_d = \sqrt{\frac{T\left[\frac{1}{F_T} - 1\right]}{r_d + n\,(R + \rho)}} \qquad 3)_d$$

Les équations deviennent pour l'alimentation en série :

$$E = \sqrt{\frac{T\,[n^2 r_t + n\,(R + \rho)]}{F_T - F_T^2}} \qquad (1)$$

$$e_t = \sqrt{\frac{T\left[r_t + \frac{R + \rho}{n}\right]}{\frac{1}{F_T} - 1}}$$

$$I_t = \sqrt{\frac{T\left(\frac{1}{F_T} - 1\right)}{r_t + \frac{R + \rho}{n}}} \qquad (3)_t$$

Ces trois séries d'équation montrent clairement, entre autres choses, que si l'on veut augmenter n, il faut nécessairement augmenter E dans la proportion $\sqrt{n}$ aussi bien en distribuant en dérivation qu'en distribuant en série.

Ainsi avec les quatre Réceptrices projetées conservant la même puissance et le même rendement, il aurait fallu doubler la force électromotrice d'émission qui a été employée avec une seule Réceptrice; avec 100 Réceptrices il faudrait décupler cette force électromotrice d'émission.

Supposons un Canal utilisé de façon à débiter le maximum de courant que lui permet la section et la nature de son conducteur; si l'on veut augmenter le nombre de récepteurs de même puissance alimentés en dérivation, il faut nécessairement modifier tous les enroulements de façon à les faire fonctionner à plus petit courant et plus grande force électromotrice, en augmentant bien entendu la force électromotrice d'émission.

Tandis que si l'on veut obtenir le même résultat avec l'alimentation en série, il faut, bien entendu, augmenter la force électro-motrice d'émission, mais il n'y a rien à modifier dans le type de Réceptrice.

Ces remarques nous serviront de transition pour arriver à l'appréciation du moyen de régulation adopté par M. Deprez, dans le but de maintenir constante l'allure de ses Réceptrices en dérivation.

M. Deprez maintient constante la force électromotrice de la Géné-

ratrice et pour chaque Réceptrice emploie un organe centrifuge qui intercale une plus ou moins grande longueur de fil d'un rhéostat dans le circuit excitateur de son électro de façon à corriger les écarts de vitesse.

De cet ensemble de combinaisons il résulte que l'intensité du champ magnétique d'une Réceptrice est modifiée non seulement lorsque son travail est modifié par les variations du travail résistant utile, mais encore lorsque ce travail résistant reste invariable.

En effet, supposons que le fonctionnement des quatre Réceptrices étant normal, on vienne à supprimer une, deux ou trois Réceptrices, trois par exemple, la résistance de l'ensemble récepteur est quadruplée, l'intensité générale est modifiée et l'intensité individuelle devient cette intensité générale.

Si rien n'est changé dans les conditions du travail résistant utile de cette Réceptrice, il faut donc que, à la vitesse de régime, qui ne doit pas changer davantage, le champ magnétique prenne une valeur telle que le produit de cette nouvelle valeur par la nouvelle valeur du courant reste une constante. Si nous voulons savoir dans quelle proportion n le champ effectif et la force électromotrice de la Réceptrice doivent être modifiés, il suffit de résoudre l'équation du second degré

$$\frac{e}{4}\,\frac{E - e}{R + \rho + \frac{r}{4}} = ne\,\frac{E - ne}{R + \rho + r}$$

dans laquelle E, e, sont les forces électromotrices d'émission et de réception et R, ρ, r, es résistances de la Génératrice, de la Ligne et du type de Réceptrice.

Étant donnés la Génératrice actuelle et le type actuel de Réceptrice (Creil-Paris), nous savons déjà, d'après les formules que nous avons précédemment établies, qu'il nous faut doubler le E qui suffisait avec nne seule Réceptrice pour obtenir le même rendement avec quatre Réceptrices; si nous nous reportons aux valeurs avec une seule Réceptrice 5717 et 4441, nous devrons dans la formule ci-dessus faire $E = 11434$, $e = 8882$. nous avons en outre $R = 33$, $\rho = 100$, $r = 36$.

On arrive à :

$$n = \frac{E}{2e} \pm \sqrt{\frac{E^2}{4e^2} - \frac{\left(R + \rho + \frac{r}{4}\right)(F - e)}{4\,(R + \rho + r)\,e}}$$

Remplaçant R ρ r E e par leurs valeurs numériques, il vient :

$$n = \frac{11434}{17764} \pm \sqrt{\left(\frac{11434}{17764}\right)^2 - \frac{169\ (2552)}{568\ (8882)}}$$

On trouve les racines $n = 1{,}2169$ et $n = 0{,}0703$.

Le champ magnétique d'une Réceptrice devra donc augmenter lans la proportion de 5 à 6 quand la Distribution étant organisée pour quatre Réceptrices, le nombre des Réceptrices passera de 4 à 1.

C'est là un inconvénient au point de vue de l'utilisation spécifique, il est vrai qu'il disparaît presque, à côté de l'inconvénient du même ordre et beaucoup plus grave que présente le système dans la régulation relative aux variations du travail individuel de chacune des Réceptrices.

Considérons une Réceptrice en travail maximum à sa vitesse de régime, soit ε la différence de potentiel d'alimentation, e la force électromotrice et supposons que l'effort à vaincre soit réduit au $\frac{1}{40}$ de sa valeur maximum, le champ magnétique devra être rendu m fois plus intense de façon que $(\varepsilon - me)\, me = \frac{1}{40}\,(\varepsilon - e)\, e$.

Les racines de cette équation du deuxième degré sont :

$$m = \frac{\varepsilon}{2e} \pm \sqrt{\frac{\varepsilon^2}{4e^2} - \frac{\varepsilon - e}{40e}}$$

Le signe + est seul possible puisque m doit être plus grand que 1.

Si la Réceptrice travaillait à 50 0/0 ou $\frac{1}{2}$ de rendement individuel $\frac{e}{\varepsilon}$ on aurait $m = 1 + \sqrt{\frac{39}{40}}$, c'est-à-dire presque 2. Si la Réceptrice travaillait à 80 0/0 ou $\frac{4}{5}$ de rendement individuel $\frac{e}{\varepsilon}$ on aurait $m = \frac{5}{8} + \sqrt{\frac{25}{64} - \frac{1}{160}}$ ou $m = 1{,}4449$; ce qui veut dire que la Réceptrice travaillant au maximum prévu, il faut que le fer de l'inducteur soit cependant, au moment de ce travail maximum, assez mal utilisé pour que le champ magnétique puisse encore augmenter de moitié de sa valeur jusqu'au plus faible travail. Et cette nécessité fâcheuse est certainement inférieure à la réalité, puisque nous avons supposé ε constant tandis qu'il augmente concurremment.

Dans de pareilles conditions, que penser de l'affirmation expresse de l'auteur : qu'un tel moyen de réglage présente cet avantage considérable que le rendement est maintenu au-dessus d'une limite prévue, par exemple, au-dessus de 50 0/0, quelque petit que soit le travail demandé à la Réceptrice ! (P. 199, *la Lumière électrique*, 31 octobre 1885.)

Prenons la Réceptrice de Creil-Paris. Son excitation coûte 9 0/0 du travail $e\,I$, alors que la puissance est de 40 chevaux : supposons que le

travail utile demandé à cette Réceptrice tombe au $\frac{1}{40}$ de cette valeur normale, soit 1 cheval ; l'excitation coûtera alors environ $9+4,5$, soit 13 0/0 environ de 40 chevaux, ce qui représentera 520 0/0, cinq cent vingt pour cent du travail utile de 1 cheval, et si nous admettions une dépense d'excitation pareille à la dépense relative de la Génératrice, ce serait une dépense de mille quarante pour cent du travail utile.

Le raisonnement de l'auteur est bien simple cependant, comme toujours d'ailleurs ; il dit : lorsque le travail récepteur baisse, la force électromotrice e de la Réceptrice augmente, par conséquent si le rendement $\frac{e}{E}$ était 50 0/0 en travail maximum, il sera toujours supérieur à 50 0/0 en travail plus faible, et en outre, ce rendement deviendra d'autant meilleur que le travail baissera davantage.

Mais ici, comme presque toujours, l'auteur oublie un élément nullement négligeable et même plus important que ceux dont il tient compte : c'est la dépense d'excitation, car il admet implicitement, sans s'en douter, que le champ magnétique du travail maximum ne coûte rien et que le champ encore augmenté, correspondant à un travail diminué, ne coûte pas davantage !

En un mot le rapport $\frac{e}{E}$ a beau augmenter, le rendement de la machine Réceptrice peut diminuer néanmoins dans les plus grandes proportions par la simple raison que le rapport $\frac{e}{E}$ n'est pas du tout ici le rendement de l'appareil récepteur puisque $\frac{e}{E}$ n'exprime le rendement qu'à la condition que e soit employé en travail *utile* et non en travaux *passifs* divers. Cette conclusion de l'auteur est donc une nouvelle illusion basée sur un oubli, elle ne cesserait pas d'être une erreur, quel que soit d'ailleurs le mode d'alimentation de l'électro de la Réceptrice, c'est-à-dire, même si cette alimentation était empruntée à la circulation générale du Canal, mais en outre, il y a lieu de remarquer qu'avec la disposition adoptée à Creil-Paris, (alimentation de l'électro par une petite Génératrice auxiliaire entraînée par l'arbre récepteur), il serait matériellement impossible d'abaisser le travail brut d'une Réceptrice jusqu'à la limite du travail mécanique passif, la Réceptrice cessant de régler, dès que son e I devient inférieur au travail mécanique passif de la Réceptrice et de sa petite dymamo d'excitation, augmenté du travail électrique de cette dynamo auxiliaire exigé pour le maintien de la régulation.

En résumé, le Transport de l'Énergie à grande distance, c'est-à-dire dans les données qui s'imposent généralement avec l'utilisation des puissances naturelles, est destiné à constituer une Application de premier ordre de l'Électricité, à la condition qu'il soit réalisé sur une très grande échelle, à la condition de créer une puissante *Industrie du Transport de l'Énergie.*

Malgré une évolution favorable possible, dans les ressources de génération de l'Électricité, les dynamos resteront toujours l'élément important, puisqu'elles s'imposeront à nous nécessairement, dans tous les cas, à l'arrivée, pour tous nos besoins mécaniques.

L'âme des dynamos est le champ magnétique, il faut leur constituer des champs très énergiques, car c'est le seul remède à toutes leurs infirmités; je vous indique comment les machines doivent être construites dans les données actuelles, réduisant l'*entre-fer* au minimum mécanique, tout en réalisant des puissances aussi grandes qu'on le veut, sans aucun *aléa* de rendement ni d'utilisation spécifique des matériaux.

Vous avez compris toute l'importance du *desideratum* consistant à rendre la déterminante et le champ indépendants de *l'entre-fer.*

La théorie nous indique que les Transports à grandes distances ne peuvent être économiques qu'à la condition d'employer de hauts potentiels d'émission et la pratique ne nous indique nullement qu'il faille proscrire les hauts potentiels de la Ligne ni des machines, elle nous apprend seulement qu'il est impossible de confiner utilement de grandes différences de potentiel dans un espace conducteur restreint; aussi n'est-ce pas ce que nous avons en vue, nous voulons peu de différence par espace restreint, mais en même temps l'emploi des très hauts potentiels absolus. Il n'y a aucun motif raisonnable pour que l'Ingénieur soit moins audacieux dans les applications électriques qu'en machines à vapeur ou à gaz. Laissons-le *même canaliser la foudre,* à la seule condition que tout danger soit localisé dans des dispositifs tels que l'usage soit inoffensif pour tous.

Dès le principe, nous avons indiqué que généralement une transformation au moins était nécessaire à l'arrivée, de façon à ne mettre entre les mains du Public que des tensions bien entendu incapables d'aucun effet physiologique dangereux, en sorte que l'appareil puisse être employé sans aucune précaution spéciale.

Nous avons passé en revue les Principes qui régissent la Distribution, nous avons vu quelles immenses ressources l'Électricité met entre nos mains sous ce rapport; je vous ai indiqué le *criterium* le plus simple suffisant déjà pour mettre l'Ingénieur à même d'écarter d'emblée, en connaissance de cause, toutes celles des innombrables solutions possibles qui ne seraient qu'ingénieuses, *cinématiquement pour ainsi dire :* Une solution n'est pas acceptable si, en travail maximum, la régulation comporte un sacrifice sur l'utilisation spécifique des matériaux.

Je pense avoir été tout à fait net dans mes conclusions sur les dynamos et sur le Transport.

J'ai voulu vous tenir au courant du point où en est arrivée, *pour moi*, la question de la *Distribution;* je vous ai dit ce qu'il ne faut pas faire, je ne vous ai pas caché mes tendances, mais je n'ai pas voulu me permettre de conclure et de dire : il faut Distribuer ainsi et pas autrement. Cette conclusion serait prématurée, la donnée industrielle n'étant pas positivement fixée ni comme besoins à desservir ni comme moyens financiers dont on pourrait disposer.

Je n'en suis pas moins convaincu que la Question est arrivée à maturité et qu'il n'y a plus qu'à marcher avec courage ; le succès me paraît tellement certain que je n'hésiterais pas à diriger les essais encore nécessaires, à titre de conseil bien entendu, et à prendre la responsabilité morale d'une pareille Organisation, lorsque ma conviction motivée sera suffisamment partagée.

Je souhaite que cet espoir se réalise afin d'avoir l'honneur de vous rendre compte d'expériences qui puissent paraître intéressantes et importantes à la Société des Ingénieurs Civils. *(Applaudissements prolongés.)*

M. LE PRÉSIDENT dit que des éloges et des remerciements sont dus a M. Cabanellas pour sa très intéressante Communication. La Question traitée par l'orateur est absolument neuve, mais elle ne tardera certainement pas à entrer dans la voie des Applications techniques importantes grâce à des recherches scientifiques aussi sérieuses que celles dont les résultats viennent d'être exposés.

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. Contamin qui désire présenter quelques observations.

M. CONTAMIN. — Je ne viens pas discuter les théories et renseignements donnés par notre honorable collègue sur les applications de l'électricité, la construction des dynamos, et l'avenir réservé aux piles thermo-électriques ; je suis trop peu spécialisé dans ces questions pour pouvoir émettre un avis sur ces différents sujets sans avoir au préalable étudié, avec toute l'attention qu'il mérite, le travail si complet et si savamment charpenté dont M. Cabanellas vient de nous donner communication.

Notre industrie est évidemment destinée à subir, dans un temps plus ou moins rapproché, une transformation qui sera d'autant plus rémunératrice que nous saurons rendre plus pratiques et plus économiques les moyens d'utiliser l'Énergie, sous les formes qui nous sont les plus utiles ; tous ceux qui, par leurs études et par leur intervention, aident à la vulgarisation de cette science de l'Électricité, si peu répandue encore, rendent un véritable service au monde du travail, et nous ne pouvons qu'être reconnaissants à M. Cabanellas de nous avoir donné connaissance de son Mémoire résumant si complètement cette question et indiquant des solutions qui semblent si séduisantes.

C'est pour aider à ce mouvement et permettre à ses ingénieurs d'y prendre la part d'influence due au rôle important qu'ils jouent dans le monde de l'industrie, que l'École centrale a créé, il y a deux ans déjà, un cours sur les applications de l'Électricité, appelé au même succès que le cours sur les applications de la chaleur qu'elle a fondé il y a plus de cinquante ans, et qui a si puissamment aidé aux transformations et progrès réalisés dans la construction des générateurs, les industries du chauffage, de la ventilation, de la distillerie, etc.

C'est pour susciter un grand courant de recherches et d'études, pour aider à ce même mouvement de vulgarisation, et, enfin, faire franchir aux idées théoriques un pas décisif vers le domaine des applications, que s'est produite la puissante et généreuse intervention en faveur de M. Marcel Deprez, dont M. Cabanellas nous a entretenus dans l'une de nos dernières séances. Les expériences de Creil, qui ont tant excité l'attention de tous ceux qui ont souci de l'Avenir de la Science, ont été la conséquence de cette intervention ; elles ont été décidées afin de permettre la réalisation des idées théoriques de ce Savant sur le transport de la force par l'Électricité.

Et puisque je parle des expériences de Creil, permettez-moi de ne pas laisser se terminer cette séance sous l'impression d'insuccès qui semble ressortir des considérations développées par notre honorable collègue.

Un fait bien acquis aujourd'hui est celui-ci : Deux machines, l'une à Creil et l'autre à La Chapelle, se commandent réciproquement depuis plus d'un mois, sans qu'aucun accident soit venu interrompre leur marche régulière et presque journalière. La machine réceptrice établie à La Chapelle actionne la manutention hydraulique de cette gare qui absorbe un travail régulier et continu de près de 40 chevaux ; la machine génératrice établie à Creil est mise en mouvement par deux locomotives qui développent une puissance totale de 90 chevaux environ. Un simple fil de 5 millimètres réunit ces deux machines. — C'est là un résultat considérable et qui marque un grand pas fait en avant dans l'utilisation pratique de l'Énergie ; le transport de la force par l'électricité n'a pu être appliqué, jusqu'à présent, que dans des sphères extrêmement étroites ; les expériences de Creil montrent, pour la première fois, l'utilisation d'une puissance naturelle importante, transformée en Énergie et transportée à une grande distance de sa source. Elles seront bien certainement le point de départ de recherches et de travaux qui exerceront une grande influence sur les développements de l'industrie électrique et, à cet égard, elles ont bien mérité de la science et de l'industrie.

Quant aux critiques adressées à la constitution même des machines, je crois devoir faire remarquer, sans entrer dans la discussion des principes qui ont guidé l'étude de leurs conditions d'établissement, que

l'une au moins de ces critiques, celle qui s'adresse au poids des machines, peut se réfuter assez facilement, en faisant remarquer que leurs bâtis ont été étudiés en vue de la construction d'une Génératrice de 200 chevaux et d'une Réceptrice de 100 chevaux. Ces machines n'ayant fonctionné jusqu'à présent que sous des puissances de moins de cent chevaux pour la Génératrice et moins de cinquante chevaux pour la Réceptrice, il n'y a pas lieu de répartir les poids des machines sur les puissances développées dans les expériences dont on a publié les résultats. Il y a d'autant moins lieu de procéder ainsi qu'il est parfaitement admis que l'on réalisera des économies de poids très sensibles dans la construction des carcasses des nouvelles machines que l'on aura à établir.

M. Cabanellas. — Je serai bien volontiers et tout à fait de l'avis qui vient d'être exprimé par M. Contamin, en ce sens du moins que je regarde l'expérience actuelle de Creil comme très intéressante et pleine d'enseignements importants au point de vue technique. En disant ceci je ne fais d'ailleurs que reproduire l'opinion que j'ai déjà plusieurs fois exprimée et publiée.

Mais mon adhésion ne peut dépasser ces termes généraux, et pour éviter tout malentendu je suis obligé de rendre ma pensée plus explicite et plus claire. Je suivrai l'ordre des appréciations de M. Contamin.

1° Une remarque est d'abord nécessaire, elle constitue une restriction ou une extension suivant qu'on se place au point de vue de M. Deprez ou au point de vue du puissant patronage qui s'est intéressé à la Question. Les expériences de Creil ne sont pas la réalisation des idées théoriques de M. Deprez sur le Transport de la force par l'électricité, puisque, au contraire, M. Deprez a commencé par contester la possibilité du Transport à grande distance, alors qu'il ne croyait qu'à la Transmission électrique de la force dans l'enceinte d'un atelier entre le moteur et les machines-outils. Il en résulte que l'intervention de M. Deprez se borne à l'établissement de machines Gramme sur des plans très défectueux.

2° Dans ce que vient de dire M. Contamin, je ne vois aucun argument qui soit de nature à porter la moindre atteinte à la rigueur de mes conclusions toujours appuyées sur des chiffres ; il faut donc absolument laisser se terminer cette séance sous l'impression d'insuccès qui ressort en effet des considérations que j'ai développées.

Oui, il a été réalisé un Transport de quarante chevaux à cinquante kilomètres, oui ce résultat est un fait nouveau ; mais il faudrait pouvoir ne pas regarder de plus près, car cette pure constatation est ce qu'on peut dire de plus favorable. Notre devoir d'Ingénieur ne nous le permet pas, nous sommes obligés d'entrer dans le cœur de la solution et c'est alors qu'elle laisse voir toute son infériorité.

3° Un fil de cuivre de 5 millimètres de diamètre n'est pas un conduc-

teur auquel convienne la désignation de « *un simple fil* », puisque sa section est de presque 20 millimètres carrés pour un courant de sept ampères seulement, alors que cette section permettrait le passage d'un courant plus de onze fois plus grand.

4° M. Contamin dit que la critique qui s'attache au poids des machines peut se réfuter assez facilement en faisant remarquer que leurs bâtis ont été étudiés pour 200 chevaux et 100 chevaux. Mais, même en accordant à ces machines ces puissances qu'elles visaient sans avoir pu les réaliser, on constate encore une dépense de plus de 200 kilos par cheval transformé et c'est toujours infiniment trop comme le prouve ma Communication.

5° Cette remarque de M. Contamin sur les puissances visées de 200 et 100 chevaux évoque aussitôt et constitue donc une des critiques les plus graves méritées par les machines : en effet, si l'on s'est borné à faire produire 80 chevaux à la Génératrice construite pour transformer 200 chevaux, c'est parce qu'on ne pouvait pas faire autrement, c'est parce que le fonctionnement devenait mauvais au-dessus de 80 chevaux. Dans une machine de si faible intensité magnétique, la puissance transformée est nécessairement faible spécifiquement, parce que d'une part la force électromotrice est faible par rapport à la grande longueur de fil induit, et parce que d'autre part l'appareil ne peut supporter qu'un courant faible par rapport à la section du fil induit; car, aussitôt qu'on veut dépasser les faibles densités de courant, le champ électrique de l'induit prend une trop grande valeur relative, abaisse le champ magnétique effectif et entraîne le déplacement des balais ou des étincelles comme il a été constaté lors de la visite des Membres de l'Institut. En outre, la grande et épaisse masse de cuivre induit, qui a été nécessitée précisément par la faiblesse de son action spécifique, ne peut diffuser que l'Énergie thermique correspondant à une très faible densité du courant de la circulation induite.

6° Je répète que je suis si peu un adversaire de parti pris de M. Deprez que j'ai commencé par partager, de confiance il est vrai, la foi qu'il paraissait avoir en lui-même, puisque c'est par ma volonté qu'il a été placé à la tête des Ingénieurs du Syndicat de Transport de force. Mais il est vrai aussi que l'œuvre théorique du Physicien pas plus que l'œuvre technique de l'Ingénieur n'a nullement répondu à mon attente.

A cette époque j'aimais assez la Question pour être capable de m'effacer avec la plus grande modestie dans un intérêt que je croyais être l'intérêt de la Question et celui de la rapidité du succès.

Aujourd'hui mon dévouement à la Question n'a pas faibli, il m'a commandé l'intervention la plus nette, et j'ai prouvé que les machines Gramme construites par M. Deprez sont tellement mauvaises que, même avec un fonctionnement parfait, dans les conditions qui sont celles de leur service possible, elles conduiraient nécessairement et logiquement

à l'abandon de toute visée industrielle, puisque l'unanimité de la Presse quotidienne et une partie importante de la Presse scientifique représentent ces machines comme réalisant tout ce que permet l'état actuel de la Science. Sans doute le fil de ces machines est bien isolé avec de bon ruban de soie, on a construit de bons collecteurs Solignac, l'on n'a rien épargné pour essayer de faire de bons appareils, et cependant ces dynamos sont déplorables.

Je continue donc à penser que je sers utilement la Question en disant très haut que ces machines sont mauvaises, pourquoi elles sont mauvaises, et comment il faut s'y prendre pour en faire de bonnes qui soient propres à rendre les applications industrielles faciles et rémunératrices.

7° Je trouve que toutes les expériences sont utiles, à la condition de savoir les analyser, souvent même les insuccès apportent alors des enseignements d'un prix inestimable ; j'admets donc, à ce titre, que le rôle de M. Deprez a eu sa très grande utilité, puisque, depuis qu'il est à la tête des essais de Transport, ses expériences nous ont exclusivement appris ce qu'il fallait ne pas faire. Du reste on cesse d'être surpris lorsqu'on a constaté que la série des faits techniques est la traduction logique de la série de affirmations d'une doctrine dont nous n'avons cessé de faire justice parce qu'elle compte exactement autant d'erreurs que d'affirmations retentissantes telles que : *rendement indépendant de la distance* ; *vertus des enroulements induits en très nombreuses circonvolutions de fil le plus fin possible* ; *théorie des similitudes ou pouvoir de transformation des dynamos semblables croissant comme la cinquième puissance des dimensions linéaires.*

M. Contamin. — Il m'est assez difficile de discuter les conditions de construction des machines électriques, n'ayant eu à m'occuper dans les expériences en question que de l'établissement des transmissions et organes de mesure ; mais précisément parce que j'ai eu à m'occuper des mesures, je crois devoir présenter quelques nouvelles observations en réponse aux critiques qui viennent d'être formulées.

En reportant mes souvenirs aux publications faites à propos des résultats obtenus et constatés par la Commission, je ne vois pas que l'on ait écrit que le rendement fût indépendant de la distance ; on a indiqué, pour chaque essai, le travail absorbé par la Ligne et celui perdu par défaut d'isolations ; mais rien, dans les résultats communiqués, ne se rapportait à cette non-intervention de la distance. Il y a plus ; on n'a pas, je crois, assez fait remarquer que le coefficient du rendement constaté était déprécié d'une manière assez sensible par le fait de deux causes tout à fait étrangères aux conditions d'établissement des machines et dues uniquement à la double condition d'établir, en premier lieu, une transmission intermédiaire avec appareil enregistreur pour mesurer le travail transmis pendant toute la période de marche de la

machine génératrice et, en second lieu, une transmission par cônes entre la machine génératrice et l'excitatrice, pour faire fonctionner cette dernière à la vitesse la plus favorable à la création du champ magnétique.

Ces deux transmissions, qui absorbent un travail relativement important, diminuent d'autant plus le rendement que la puissance génératrice est relativement faible, et il est absolument certain que, dans la situation actuelle, et sans rien changer aux Génératrice et Réceptrice telles qu'elles ont été construites, on améliorerait sensiblement le rendement en supprimant ces deux causes de perte de travail ; ce rendement, par une puissance génératrice de 100 chevaux, dépasserait certainement la proportion de 50 0/0 du travail à la source.

Que ce rendement puisse être augmenté dans une certaine proportion, nous ne le contestons pas, mais tel qu'il est et dans les conditions où les machines fonctionnent actuellement, il constitue un fait considérable dans l'histoire de la Science et mérite par ce fait d'être accueilli avec la plus grande sympathie.

M. Cabanellas. — 1° Je ferai remarquer à M. Contamin que si sa part d'intervention dans les essais de Creil a été restreinte à l'organisation des transmissions, organisation qui, je me plais à le dire, n'a rien laissé à désirer et a parfaitement assuré le contrôle permanent des mesures mécaniques, par contre ma Communication a eu pour objet d'envisager toute la Question du Transport, Question que je regarde comme assez vaste pour que la totalité des essais de Creil me semble seulement une simple et très petite application dont l'actualité fait toute l'importance.

2° Dans un travail d'ensemble, mon devoir était donc de faire justice une fois de plus de l'erreur : *rendement indépendant de la distance*, parce que M. Deprez de temps en temps exhume encore ce cadavre, comme il vient de le faire dans l'Exposé dogmatique récent que j'ai cité plusieurs fois.

Je retiens avec plaisir que M. Contamin, qui ne partage pas cette erreur, estime que la Commission ne la partage pas davantage, et, du reste, en présence des faits et de leur enseignement numérique, l'auteur eût vraiment mal choisi son moment pour rappeler l'attention sur un point qu'il eût été plus sage d'abandonner depuis longtemps, franchement et pour toujours.

3° En relisant ma Communication, M. Contamin pourra se rendre compte de l'extrême partialité dont j'ai fait preuve en faveur des expériences de M. Deprez. M. Contamin dit que le rendement de 45 0/0 pourrait être admis de 50 0/0; or, je l'ai compté de 52 0/0. Quand on connaîtra les chiffres des mesures faites à Creil, il sera évident que dans ma préoccupation de ne pas être injuste, mes calculs ont forcé la valeur du champ magnétique dans une proportion d'au moins 25 0/0

et je ne serais pas surpris que le champ calculé par moi à 1900 CGS soit seulement de 1500 dans la réalité.

4° M. Contamin pourra vérifier que ma critique n'a pas porté sur le rendement individuel des dynamos, j'ai dit qu'il est ordinaire quoique non remarquable ; ma critique a porté sur le second facteur du mérite d'un Transformateur, élément aussi important que le rendement, c'est-à-dire sur l'utilisation spécifique des matériaux qui est détestable, puisque la dépense spécifique des matériaux est de dix à vingt fois trop forte.

Sans doute un fait est toujours une réalité importante, mais ici, il faut se hâter d'ajouter que, pour aucun Électricien sérieux, les lois de Ohm et de Joule n'ont jamais paru compromises, leur certitude domine de très haut une application qui, je l'ai déjà dit, ne dépasse nullement des grandeurs qui ne sont encore que modestes et ont été déjà réalisées. On a construit, en Suisse par exemple, des dynamos plus puissantes que chacune des deux machines composant la Génératrice, et les anneaux Brush actuels fonctionnent couramment sous des tensions de 3000 volts.

5° *A priori*, je pense aussi, comme M. Contamin, que la sympathie générale, et en particulier celle des Ingénieurs, doit s'attacher à tous les essais tentés dans une voie technique utile.

Seulement, *a posteriori*, il peut en être autrement ; je veux dire qu'il peut se faire que la préoccupation de bienveillance doive céder la place à une préoccupation plus importante, par exemple à la préoccupation beaucoup plus grave d'Intérêt général.

C'est le cas précisément, nous ne sommes pas en présence d'un modeste expérimentateur, au mérite inconnu, ayant besoin d'encouragement, d'appui pour ne pas succomber et continuer à bien faire. Au contraire, il s'agit de forcer à ne plus mal faire, M. Deprez, qui a eu cependant tous les appuis, toutes les puissances, toutes les récompenses, qui, à l'heure où je parle, bénéficie encore de l'unanimité d'opinion imposée par la Presse.

Je pense donc, en résumé, que M. Deprez a beaucoup moins besoin de notre sympathie que n'en a besoin la Question elle-même, qu'il a compromise et qu'il risquerait de tuer, au milieu de ce concert de louanges imméritées, par cela seul qu'il continuerait à partager, pour son œuvre, l'admiration et la satisfaction qui peuvent être générales, mais ne sont pas éclairées.

M. Hauet. — Je pense que, dans l'intérêt de la Question, il y aurait lieu de faire savoir à M. Deprez que les problèmes dont il s'occupe sont examinés devant la Société des Ingénieurs Civils, et en même temps, de l'inviter à venir défendre ses théories et ses expériences.

M. Cabanellas. — Ce vœu a déjà reçu satisfaction, je n'ai pas manqué d'aviser directement, par lettre, M. Deprez de ma Commu-

nication, et, je ne faisais qu'ajouter mon invitation personnelle à l'invitation qui lui a été adressée, par notre Président, ainsi qu'à tous les spécialistes et à toutes les personnes que le sujet pouvait intéresser à un titre quelconque.

La séance est levée à onze heures.

Séance du 21 mai 1886.

PRÉSIDENCE DE M. HERSENT.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 7 mai est adopté.

J'ai le plaisir de vous annoncer que M. Abt a été nommé chevalier de l'ordre de Henri le Lion.

Avant de commencer la discussion annoncée sur *les améliorations de l'estuaire de la Seine et de la rade du Havre*, décidée en raison de la très intéressante communication qui a été faite par M. de Coene dans notre séance du 2 avril, je donnerai la parole à M. Max de Nansouty, désireux d'entretenir brièvement la Société d'un type de matériel de chemin de fer à très grande vitesse, construit à Paris, et visible actuellement dans les ateliers de MM. J. Boulet et C^ie^, constructeurs.

M. MAX DE NANSOUTY donne lecture d'une note sur le matériel roulant à grandes vitesses de M. Estrade.

Les ateliers de construction de MM. J. Boulet et C^ie^, rue Boinod, à Paris, viennent de terminer l'établissement d'une locomotive et d'un tender étudiés, en vue des très grandes vitesses, par M. Estrade, ancien élève de l'École polytechnique. Un wagon de construction spéciale établi sur les données de M. Estrade, par MM. Raynaud, Béchade, Gire et C^ie^, constructeurs à Ivry (Seine), complète ce matériel.

En voici la description succincte.

Locomotive et tender. — Les grandes vitesses réalisées avec le matériel actuel de nos compagnies ne dépassent guère 70 kilomètres.

Les vitesses de 80, 90 kilomètres obtenues en service sont considérés comme considérables.

M. Estrade s'est proposé de réaliser en service des vitesses de 100 à

120 kilomètres à l'heure, en généralisant l'emploi des roues égales à grand diamètre, accouplant les essieux de la voiture motrice et adoptant un nouveau système de suspension.

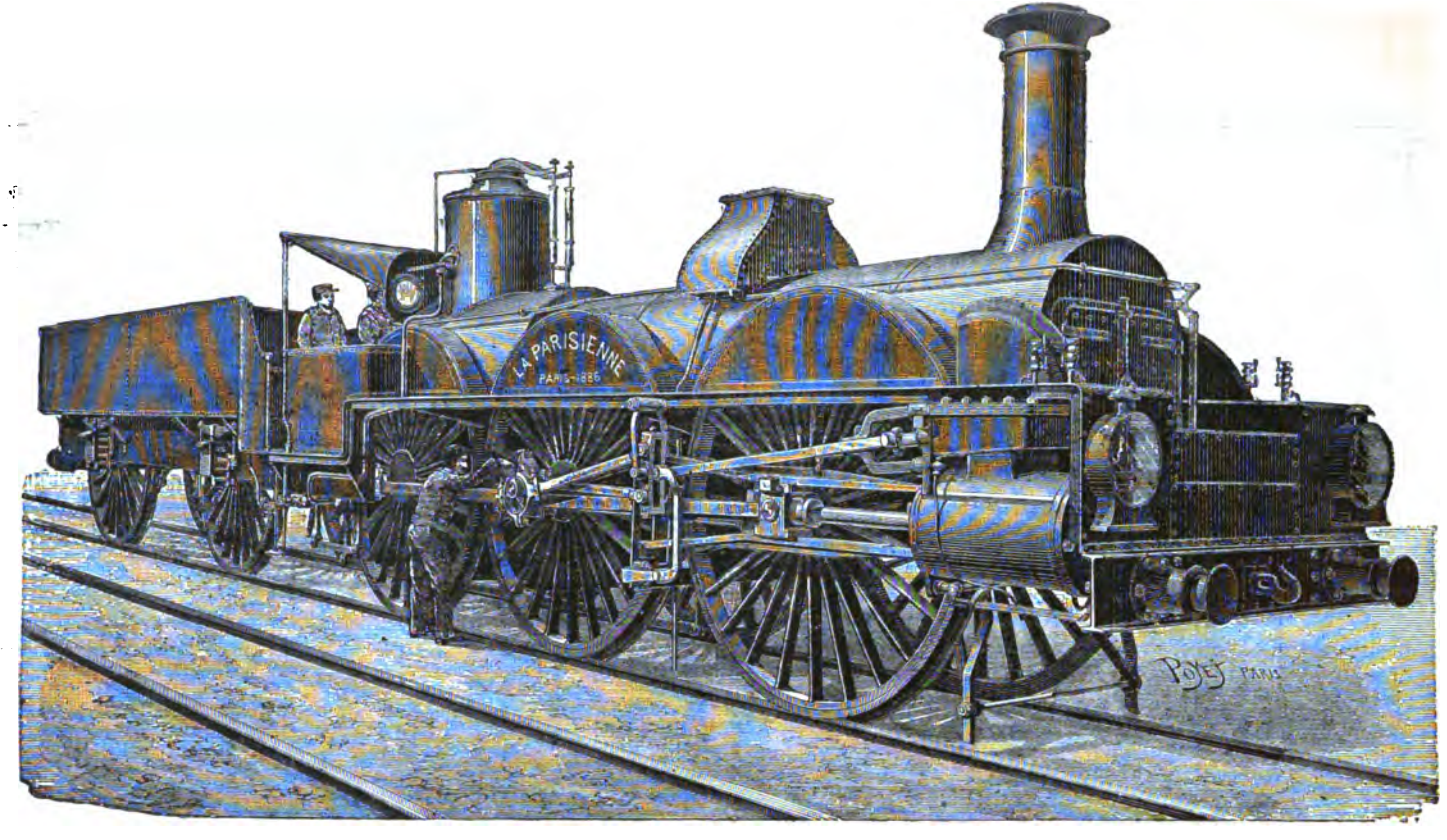
Un modèle au 1/10 de cette combinaison a été déposé par lui au Conservatoire des Arts et Métiers, et c'est ce modèle qui vient d'être établi en vraie grandeur par MM. J. Boulet et Cie. Il sera prochainement l'objet d'expériences évidemment intéressantes.

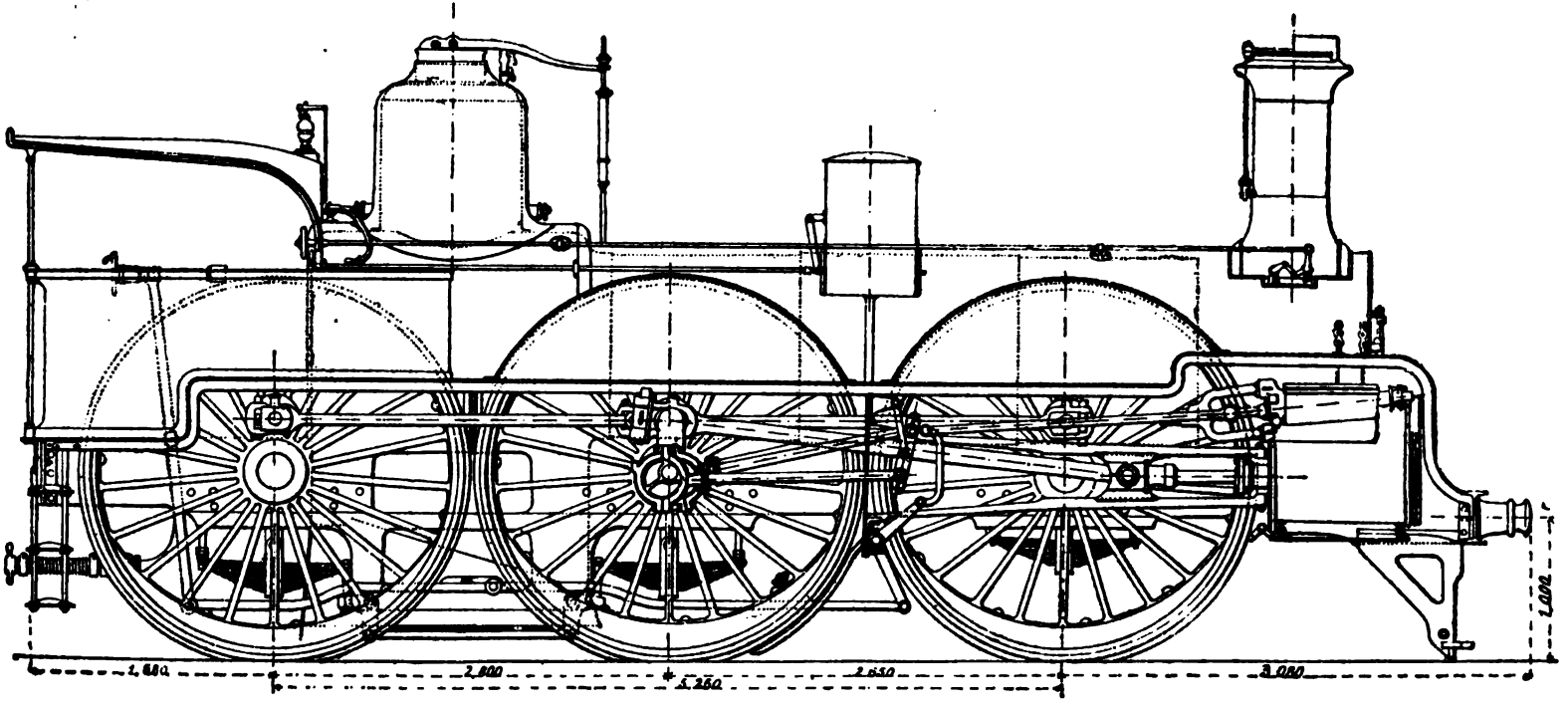
La locomotive est à six roues motrices de $2^m,50$ de diamètre, montées sur trois essieux accouplés. Les principales dimensions sont les suivantes :

Longueur totale de la locomotive		$9^m,950$
Largeur entre longerons		$1^m,240$
Diamètre commun des six roues		$2^m,500$
Écartement des essieux.	A R à M	$2^m,600$
	M à N	$2^m,650$
Cylindres	Diamètre	$0^m,470$
	Course	$0^m,700$
	Distance d'axe en axe.	$2^m,100$
Surface de grille		$2^{m2},30$
Surface	Du foyer (moins le bouilleur)	$8^{m2},90$
	Des tubes	$122^{m2},$
	Totale	$130^{m2},90$
Volume d'eau contenu dans la chaudière		$4^{m3},100$
Poids de la machine à vide, environ		38 tonnes
— en charge, environ		42 —

Le tender a également des roues de $2^m,50$ de diamètre. Il est aménagé de façon à permettre de transporter la plus grande quantité possible d'eau et de charbon, car à ces grandes vitesses la consommation paraît devoir en être considérable et il y a à craindre le phénomène fâcheux connu pour les locomotives rapides sous le nom d'essoufflement.

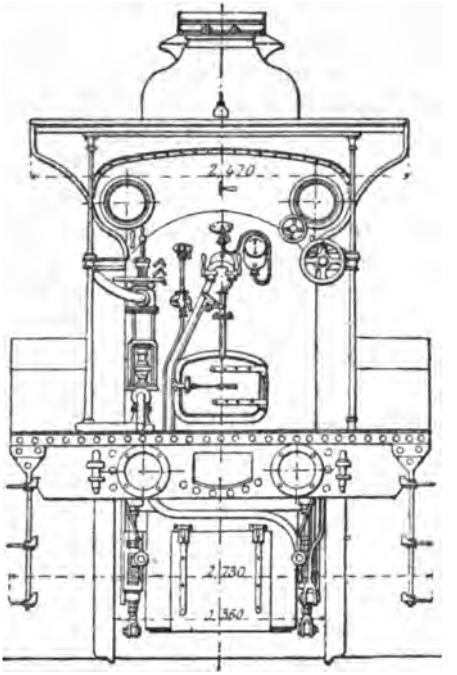
Wagon. — Le wagon est à double suspension ; il est à deux essieux distants de $4^m,90$ et portant des roues de $2^m,50$ de diamètre, identiques à celles de la locomotive et du tender. Par cette égalité du diamètre des roues, M. Estrade pense éviter des effets retardateurs provenant, selon lui, de l'attelage de véhicules à roues inégales. Les essieux supportent, par l'intermédiaire de ressorts à lames, montés sur les boîtes à graisse, un longeron en fer régnant de part et d'autre sur toute la longueur et dont les extrémités se recourbent vers le sol. A son tour, chaque longeron porte trois autres ressorts à lames, auxquels, par l'intermédiaire de tirants en fer, est suspendu le châssis inférieur servant de support à la caisse. C'est en cela que consiste le principe de double suspension mis en œuvre.


LA PARISIENNE
PARIS 1889
POEY PARIS


1.680
2.800
1.250
2.650
3.080
1.000

Le wagon, à deux étages, contient cinquante-quatre voyageurs de première classe dans sa longueur de 13 mètres entre tampons.

Le frein Westinghouse a été adopté pour ces véhicules.



Il est souhaitable que ce curieux matériel soit prochainement soumis à des expériences concluantes, dont les enseignements seront évidemment utiles car rien de pareil n'a encore été réalisé ni même tenté à notre connaissance. Par les dimensions inusitées données aux organes moteurs, M. Estrade augmente la vitesse sans accroître dans la même proportion la dépense de vapeur. Il faut noter aussi que la locomotive étant montée sur trois essieux accouplés, le poids total du véhicule sera utilisé pour l'adhérence.

En ce qui concerne le wagon, la double suspension combinée avec une vitesse circonférentielle réduite des essieux atténuera sans doute, dans une grande mesure, les secousses de toute nature et les chocs dont on ne saurait trop chercher à préserver par tous les moyens le matériel de grande vitesse.

Jusqu'à ce que des expériences suivies aient eu lieu, quelques réserves sont à faire en ce qui concerne l'élévation du centre de gravité de la locomotive et le franchissement des courbes. Cette dernière objection tomberait d'ailleurs, devant l'emploi prévu par l'inventeur, de son matériel dans les pays à steppes ou à pampas tels que l'Amérique, l'Asie, la Russie, partout où il y a intérêt à franchir avec une très

grande rapidité des espaces inhabités entre lesquels la voie est rectiligne.

Il nous semble utile de signaler cet effort en faveur du progrès, effort libéralement exécuté, à ses frais, par M. Estrade et de l'y encourager; cela précisément au moment où l'intéressante communication de M. Brüll a signalé à la Société des Ingénieurs Civils, la nouvelle locomotive à trois essieux, dont deux portant des roues de $2^m,10$ de diamètre, établie par l'éminent Ingénieur anglais, M. Crampton.

M. LE PRÉSIDENT. — Il serait extrêmement intéressant de pouvoir franchir de grandes distances aux vitesses inusitées que M. de Nansouty indique comme réalisables avec le matériel de M. Estrade. Le problème semble nettement posé et nous en attendrons avec intérêt la solution. Je donne la parole à M. Roy qui a quelques remarques à présenter à ce sujet.

M. ROY. — J'aurais quelques observations à faire sur les expériences projetées dont il vient d'être question. Il est certainement très désirable, puisque ce matériel nouveau et curieux existe, qu'il soit expérimenté.

Remarquons cependant que la machine en question a des roues de $2^m,50$ de diamètre. Or, les machines à grande vitesse de nos chemins de fer ont actuellement des roues de $2^m,10$ de diamètre : donc l'accroissement du diamètre des roues, dans la machine nouvelle, n'est en somme que de 1/5.

En admettant que le nombre de coups de piston soit le même par seconde, la vitesse de ces machines ne pourrait guère dépasser 100 kilomètres à l'heure, en service, car les machines actuelles, en service courant, font journellement 80 et 90 kilomètres à l'heure, — je parle évidemment des services de trains rapides; — en ajoutant 1/5, cela n'irait pas jusqu'à 120 et 130 kilomètres, vitesse que, d'après la communication faite, on paraît espérer d'atteindre avec le matériel de M. Estrade.

D'un autre côté, au point de vue des lignes de l'État sur lesquelles M. Estrade espère obtenir l'autorisation d'expérimenter sa machine, il est bon d'observer que ces lignes sont, en général, assez sinueuses : elles présentent des courbes de 400 à 500 mètres de rayon ; Les lignes de l'État ne donneraient donc pas, à mon avis, un champ très favorable d'expériences : la ligne de Paris-Lyon-Méditerranée, par exemple, ou celle du Nord seraient, je crois, mieux utilisables dans ce but. Remarquons encore que la locomotive de M. Estrade, avec ses trois essieux et ses roues de $2^m,50$, a un écartement des essieux extrêmes d'environ $5^m,30$. On peut se demander comment elle se comportera si elle a à passer dans des courbes de 400 mètres de rayon ?

En ce qui concerne le tender, avec ses grandes roues de $2^m,50$ de rayon, égales à celles de la locomotive, ainsi que celles du wagon dans le but de diminuer la résistance, je ferai une simple observation.

La résistance en palier du matériel roulant actuel ne dépasse pas 3 kilogr. à 3 kilogr. 500 par tonne ; je ne parle que de la résistance au roulement, car il y a des résistances indépendantes du roulement, comme la résistance de l'air, par exemple, celle des rampes à franchir, etc., pour lesquelles l'action des roues n'est pas à considérer.

La résistance au roulement est donc de 3 kilogrammes environ par tonne. Supposons un train de 150 tonnes, ce qui se fait pour les trains rapides ; si nous admettons que les roues aient le double du diamètre ordinaire, on réduira les frottements des tourillons dans leurs coussinets et on arrivera à 1 kilogr. 500 de résistance seulement par tonne, on bénéficiera ainsi de 1 kilogr. 500.

La diminution de 1 kilogr. 500 par tonne donnera, pour 150 tonnes, une diminution de résistance de 225 kilogrammes, alors qu'il faut que la machine développe une résistance de 2,500 à 3,500 kilogrammes : ce sera donc 1/10 de gagné. Peut-être l'auteur de cette disposition de machine n'a-il pas tenu suffisamment compte de cette considération.

Reste une dernière question, celle de la surface de chauffe. Il faut à une locomotive de rudes poumons pour marcher à une vitesse de 130 à 140 kilomètres à l'heure, et ce n'est pas, je le crains, avec 140^{m2} de surface de chauffe qu'on arrivera à ce résultat. Les machines de la Compagnie de P.-L.-M., qui ont 140^{m2} de surface de chauffe, ont des roues accouplées de 2^{m},10 de diamètre. Or, les roues de ce diamètre utilisent largement toute la vapeur que la chaudière peut produire : le troisième essieu ne servirait donc qu'à empêcher la machine de patiner, mais l'expérience des P.-L.-M. prouve que quatre roues accouplées suffisent.

Pour conclure, je répéterai qu'il est intéressant en tout état de cause que les expériences dont on vient de parler, sur le matériel de M. Estrade, se fassent, mais je ne crois pas que les lignes de l'État se prêtent aisément à essayer des machines de cette nature; leurs pentes et leurs rampes de 12 et 15 millimètres par mètre créeraient de grandes difficultés.

M. le Président. — Les observations qui viennent d'être faites sont très judicieuses ; je considère, avec les orateurs qui viennent de prendre la parole, qu'il y a un haut intérêt à voir les expériences dont il a été question s'effectuer; il y a là, en effet, une initiative et un effort de progrès très louables à encourager.

La locomotive de la Compagnie P.-L.-M, avec sa perfection actuelle, n'a pas été créée de toutes pièces : elle est le résultat de longues études préalables et de nombreux essais qui ont indiqué successivement les améliorations à apporter. Les essais, les expériences sont une condition non seulement utile mais indispensable en pareille matière, et il faut les encourager.

M. Roy. — Il est bien entendu que je ne donne pas la locomotive

de P.-L.-M. comme le meilleur type qui ait été exécuté. Je l'ai citée seulement au point de vue de la surface de chauffe et de la vitesse qu'on espère atteindre.

M. Max de Nansouty. — Les vitesses de 120 et 130 kilomètres, dont j'ai parlé, ne sont pas, dans l'esprit de l'inventeur, des vitesses courantes mais bien des vitesses maximum ; il est bien entendu que si les machines de M. Estrade atteignaient en service courant une vitesse de 100 kilomètres à l'heure, alors que la vitesse actuelle en service courant très rapide est de 80 kilomètres, il y aurait déjà bénéfice et progrès.

Si j'ai de plus signalé le réseau de l'État comme devant servir peut-être aux expériences, c'est parce que ce réseau, moins chargé que les autres, semblait pouvoir s'y prêter avec moins de dérangement pour le service et le personnel; mais si les autres grandes Compagnies voulaient permettre à l'inventeur de faire les essais qu'il projette sur leur réseau, il est certain qu'il accepterait avec reconnaissance et serait heureux de se mettre à leur disposition.

M. Roy. — Je ne crois pas que les grandes Compagnies puissent refuser de se prêter à ces essais, car ils ne présentent aucun danger et seront certainement instructifs.

M. Contamin. — Je ferai une simple observation. Si les roues des wagons dans le matériel proposé ont $2^m,50$ de diamètre, l'axe de ces roues se trouve surélevé de $0^m,75$ par rapport à l'axe des roues des wagons actuels ; le wagon sera donc surélevé de $0^m,75$, et ne passera pas sous les ouvrages d'art, dont la hauteur est de $4^m,80$.

M. Max de Nansouty. — Cette objection a été prévue par M. Estrade qui a considérablement baissé les caisses des wagons, par rapport aux axes des essieux ; les voyageurs de l'étage inférieur du vagon sont assis entre les roues.

M. Contamin. — Cet abaissement des caisses me paraît discutable : les caisses des wagons actuels sont déjà trop basses, on s'y tient difficilement debout. Il y a là un point tout spécial à signaler et à étudier.

M. Forest. — Il y a aussi à ce propos une autre question à examiner. Les centres de gravité de la locomotive, du tender et des wagons étant plus élevés que d'ordinaire au-dessus de la voie, il y aura certainement moins de stabilité que dans le matériel usuel, et par conséquent plus de danger de déraillement à craindre dans le passage des courbes.

M. le Président. — Je résume la discussion. Il s'agit, c'est l'opinion générale, d'un essai intéressant ; nous devons nous féliciter d'en avoir eu connaissance et souhaiter qu'il soit poursuivi de façon à fournir des conclusions pratiques et peut-être des aperçus nouveaux.

Nous allons passer maintenant à la discussion annoncée sur la com-

munication de M. de Coene, relative aux *Améliorations à apporter dans la rade du Havre et dans l'estuaire de la Seine.* M. de Coene ayant quelques observations nouvelles à présenter, je lui donnerai tout d'abord la parole.

M. DE COENE. — Avant d'ouvrir la discussion sur la communication que j'ai faite dans la séance du 2 avril, je vous demande la permission d'ajouter quelques renseignements à ceux que je vous ai déjà donnés. Aux cartes mises déjà sous vos yeux, j'en ajoute deux nouvelles — celle de l'estuaire du Foyle sur la mer d'Irlande, l'autre donnant les travaux exécutés à l'embouchure de la rivière de Bilbao. Cette dernière carte, je la dois à l'obligeance de M. le Consul de France qui me l'a adressée par l'intermédiaire de M. le ministre des affaires étrangères, lequel s'est empressé de me la transmettre. J'ai reçu ainsi un exposé complet des travaux faits à l'entrée de la rivière de Bilbao et les résultats d'approfondissement obtenus au fur et à mesure de l'avancement des travaux. Vous verrez que la barre ancienne, qui ne laissait que 1 mètre à basse mer, offre aujourd'hui une profondeur de 4m,50 à basse mer de vive eau, donnant ainsi accès à pleine mer aux plus grands navires, par un travail analogue à celui que nous proposons pour la Seine, c'est-à-dire un rétrécissement de l'entrée.

C'est un grand succès pour les Ingénieurs de ce Port, et je vous prie de bien vouloir accorder la parole à M. Le Brun qui a bien voulu collaborer avec moi pour l'étude des améliorations de la Seine, afin de lui permettre de vous expliquer les conquêtes qui ont été faites et les analogies qui se rencontrent entre le projet de Bilbao et celui que nous préconisons. Je mets aussi en regard de l'Elbe et de la Seine l'entrée de l'estuaire du Foyle. Vous verrez l'analogie absolue de la situation de cet estuaire profond avec l'estuaire de la Seine que nous voulons approfondir.

J'ai fait retourner la carte du Foyle et en la comparant vous verrez que c'est exactement la situation du cap de la Hève, du Port du Havre et la forme que nous voulons donner à l'entrée de l'estuaire. La plage sableuse représente la côte de Trouville le long de laquelle se défile une magnifique fosse de 12 à 15 mètres de profondeur à basse mer. Tous les estuaires que je vous mets en regard présentent les mêmes avantages de grandes profondeurs en amont et en aval et vous admettrez alors avec moi que c'est ainsi que le problème doit être résolu pour la Seine.

Avec une dépense égale aux travaux adoptés pour le Havre seulement, on arrivera à faire un projet d'ensemble, répondant à tous les intérêts en présence et au programme posé par la Commission parlementaire des voies navigables qui se résume ainsi : approfondissement par des dragages de la passe actuelle.

Amélioration de la Seine et comme accessoire important possibilité

de faire une seconde entrée faute d'accès pour le Havre et desservant tous les bassins avec la possibilité d'une extension indéfinie des aménagements dans la plaine de l'Eure.

Je laisse maintenant la parole à ceux qui veulent bien faire des observations sur ma communication, me disposant à leur répondre et à ajouter quelques explications, s'il y a lieu, à ce que j'ai déjà énoncé.

M. LE PRÉSIDENT. — M. Fleury a la parole sur la communication de M. de Coene.

M. FLEURY. — Messieurs, lorsque M. de Coene vous a enuméré, dans la séance du 2 avril, tous les projets qui avaient été élaborés en vue de l'amélioration de la Seine maritime, projets qui émanent tous d'hommes éminents et expérimentés, très au courant des nécessités à satisfaire et des obstacles à vaincre, et arrivant cependant à des solutions opposées, il vous a donné par là même une idée des difficultés que présente la question et a bien démontré que, si le régime des estuaires à marée suit une loi, cette loi est encore à formuler d'une façon complète et générale. Tout au plus, depuis quelque temps, a-t-on pu commencer à poser quelques principes qui manquent encore de précision et ne sont pas d'une application générale.

On se heurte aux difficultés résultant de la variété des circonstances locales qui s'enchevêtrent dans le phénomène général et en rendent l'analyse presque impossible. C'est donc avec une grande réserve et en sollicitant votre bienveillance, et, en particulier, celle de M. de Coene, que je me permets de vous soumettre quelques réflexions relatives à sa communication.

Le projet de M. Partiot, présenté par M. de Coene, consiste dans la construction d'un môle transversal qui, partant de la pointe de Villerville, se dirige en droite ligne vers le banc d'Amfard, en passant sur le banc du Ratier, et s'infléchit vers l'ouest de façon à laisser entre son extrémité et les jetées du Havre un chenal de 2,000 mètres de largeur. Il comprend ensuite, dans le sud, la construction d'une digue qui irait jusqu'à Honfleur, puis l'élargissement des digues depuis Tancarville, — opération qui est commune au projet de MM. Partiot et de Coene, et à d'autres ; enfin, l'abaissement de divers seuils et les travaux d'amélioration de la rade du Havre, notamment la délimitation de cette rade par un môle construit sur l'Éclat. Sur ce point surtout, comme l'a constaté notre président, M. Hersent, dans la séance du 2 avril, il y a une communauté de vues entre son projet et celui de M. de Coene ; mais, la caractéristique du projet de M. de Coene, c'est la fermeture de l'estuaire par un barrage partiel.

Il y a deux éléments principaux à considérer dans ce projet :

1° L'idée de fermer l'estuaire par un barrage partiel ;

2° L'exposé de la théorie par laquelle M. Partiot et M. de Coene cherchent à justifier cette disposition.

Cette théorie est celle des embouchures rétrécies et avec goulet ; ils l'opposent à la théorie des embouchures évasées, qui trouve son application dans les projets de MM. Hersent, Vauthier et Lavoinne. M. de Coene résume sa théorie dans la formule suivante : « Toutes » les embouchures pourvues d'un goulet sont profondes et accessibles » à marée basse, tandis que toutes les embouchures évasées ont une » barre et sont inaccessibles à la basse mer. »

Partant de là, MM. Partiot et de Coene ont classé dans les fleuves d'embouchures rétrécies beaucoup de fleuves facilement navigables et accessibles presque à toute heure de marée ; en examinant les plans exposés par M. de Coene et plusieurs autres insérés dans le mémoire de M. Partiot, il semble que ces Messieurs se sont laissé quelque peu entraîner à chercher systématiquement des exemples pour justifier une idée qui les avait frappés. Il semble que si nous prenons un quelconque de ces estuaires, que ce soit un estuaire évasé ou un estuaire dit à goulet, on y trouvera presque toujours un rétrécissement et des irrégularités. Il ne faudrait peut-être pas toujours accorder à ces accidents l'importance que M. de Coene leur attribue dans sa théorie. Il y a pour chaque fleuve un régime spécial, dont il ne semble pas que ces messieurs aient tenu assez compte ; le cas sur lequel ils insistent le plus, c'est par exemple celui de l'Escaut, que M. de Coene a considéré et cité comme un fleuve à embouchure rétrécie.

En effet, à Flessingue, il y a un certain resserrement, un rétrécissement, mais le fleuve n'est pas là à son embouchure, son débouché est beaucoup plus loin, l'examen de la carte montre au contraire un très large évasement en aval de Flessingue: le fleuve a là 4,500 mètres de largeur; en amont, il a 6,000 mètres. Est-ce bien là une baie dans laquelle se fait l'amoncellement de la marée? Il y a en vérité trop peu de différence entre les chiffres. Le vrai débouché de l'Escaut est à 16 kilomètres plus en aval, dans la mer du Nord.

Ce qui fait la valeur de l'Escaut, c'est surtout qu'il a une pente régulière, grâce à laquelle la marée fait sentir son influence jusqu'à 200 kilomètres de son embouchure, et qu'il résulte de là un amoncellement d'eau permettant au jusant d'avoir une action régularisatrice très énergique. L'amélioration de l'Escaut a consisté principalement dans la suppression du bras oriental par une digue qui est, non pas transversale, mais bien longitudinale, par rapport au bras occidental, le seul existant aujourd'hui. En construisant cette digue, on a voulu retenir l'eau qui s'échappait à marée descendante par le bras oriental et qui représentait à peu près le 1/3 du volume introduit dans l'Escaut occidental par la marée montante; on a rendu ce volume d'eau à l'Escaut occidental; et cet accroissement de jusant a permis le creusement et l'amélioration de la passe, en dessous et en face de Flessingue. Ce n'est pas là une application de la théorie des

embouchures rétrécies; c'est plutôt une application de la théorie des digues longitudinales, puisqu'on a constitué un courant général au moyen des courants secondaires qui se perdaient.

Il existe un autre fleuve, la Mersey, en Angleterre, le fleuve de Liverpool, qui a précisément un goulet très étroit, près de Liverpool; néanmoins, il y a à son embouchure une barre sur laquelle il y a $2^m,70$ d'eau à marée basse. Cela prouve bien que ce n'est pas toujours parce que l'on a, à une certaine distance de l'embouchure, un goulet rétréci, que l'on obtient un volume d'eau suffisant pour vaincre la barre; dans le cas de la Mersey, la théorie des goulets ne se présente pas avec la probance que lui attribuent ses auteurs.

J'écarterais volontiers encore, pour des raisons analogues, des citations de M. de Coene, deux exemples qu'il a donnés : l'exemple de la rade de Brest et celui de la baie d'Arcachon : on entre, il est vrai, dans ces baies par des goulets, mais ce ne sont pas des embouchures de fleuves. Or il est difficile de séparer absolument une embouchure de fleuve du fleuve auquel elle est étroitement liée.

La rade de Brest ne s'ensable pas et se maintient très bien. Pourquoi cela? C'est que les eaux y sont très claires et le courant très énergique. Le courant qui passe entre Ouessant et la côte, le célèbre Fromueur, est très violent; et puis dans les formations granitiques de cette côte, les matières propres à former des alluvions sont rares.

La rade de Brest n'est donc pas un exemple à citer à l'appui de la théorie des embouchures à goulet. J'en dirais autant de la baie d'Arcachon. Il ne me semble pas que l'on puisse déduire de ces deux exemples qu'une embouchure de fleuve puisse être absolument comparable à ces baies.

M. de Coene a parlé de l'entrée de Southampton, qui a la forme d'un goulet; il y a peut-être là un rétrécissement, mais il n'est pas bien évident qu'il soit la cause de la bonne tenue des fonds. A Southampton, en effet, la marée a une influence énorme; deux hautes mers successives, quand nous n'en avons qu'une au Havre, s'y succédant à deux heures d'intervalle. Ainsi, en prenant l'exemple d'un jour de pleine lune, il y a une pleine mer à 10 heures et demie du matin; puis, une très légère décroissance à midi et demi, décroissance à laquelle succède une nouvelle pleine mer, et la basse mer n'a lieu qu'à cinq heures du soir; il y a donc une grande accumulation d'eau qui n'a pas le temps de s'écouler, le jusant n'a qu'une durée très limitée, par conséquent une grande vitesse, et par suite un effet d'érosion très énergique.

C'est là, vraisemblablement, la raison du maintien du chenal de Southampton.

Je ne passerai pas en revue tous les fleuves à marée: il y en a pour lesquels la loi de M. de Coene ne serait pas applicable. On a bien pu constater, sur beaucoup de rivières à embouchure rétrécie, qu'il y avait

un estuaire bien dégagé, un chenal facile, de navigation toujours assurée, mais il y avait aussi alors à tenir compte d'autres circonstances, notamment de la marée, du régime des courants, etc.

La théorie émise est peut-être plutôt une théorie par analogie qu'une loi générale applicable.

Cela m'amène à dire que si cette loi n'est pas toujours applicable, elle l'est moins qu'ailleurs à l'estuaire de la Seine, car, pour transformer la Seine d'embouchure évasée en embouchure à goulet, il faudrait faire ce môle qui part de la pointe de Villerville, et laisser un chenal de 2,000 mètres de largeur entre le musoir de ce môle et les jetées du Havre.

Les idées de barrage de la Seine sont anciennes déjà ; mais il s'agissait autrefois d'un barrage complètement fermé, ce qui est en dehors de la question discutée aujourd'hui.

Le Havre et Trouville peuvent se trouver plus ou moins inquiétés par le fait de la présence de cette digue transversale.

Elle coupe, en effet, la passe Sud et la passe comprise entre le banc du Ratier et le banc d'Amfard ; en traversant ces deux bancs, on s'oppose ainsi à l'entrée en Seine du courant du Calvados, qui arrive toujours chargé d'alluvions, et on ne laisse plus pénétrer que le flot du Nord, qui a une eau claire. Devant un obstacle pareil, le courant du Calvados ne pénétrera plus dans la Seine, ou tout au moins, il n'y pénétrera plus directement. Mais, que va-t-il devenir ? On ne barre pas un courant de marée sans avoir à compter avec lui. Actuellement le jusant repousse à une certaine distance les alluvions que porte ce courant ; une partie de ces alluvions peut arriver sur les hauts de la rade du Havre et s'y déposer ; la plus grande partie est reprise par les courants du large et est entraînée dans le Pas-de-Calais et la mer du Nord. En tous cas la côte du Havre est assez bien préservée contre les alluvions, parce que ce courant du Calvados est maintenu au large par le jusant de la Seine. Avec le barrage, qu'arrivera-t-il ? Le flot du Calvados viendra s'y briser, et de l'interruption brusque de son cours résultera une diminution de vitesse qui provoquera le dépôt d'une partie des sédiments. Puis, dévié de sa direction naturelle, le courant filera avec une certaine impulsion, en suivant la jetée ; arrivé à l'extrémité, il se heurtera avec le courant établi dans l'unique passe laissée au Nord. A la confluence de ces deux courants, il y aura choc, perte de force vive, diminution de vitesse, précipitation des matières en suspension et formation d'un banc. Où sera-t-il situé au juste ? On ne peut le prévoir; mais il y aura un banc, et, dans le cas actuel, ce dépôt se produira d'autant plus, que le maximum d'intensité des deux courants ne se produit pas au même moment, à cause du retard bien connu du flot du Sud sur le flot du Nord; le courant du Calvados peut, à un moment donné avoir plus d'impulsion que le courant entrant ou sor-

tant, et y mêler alors une partie notable de ses alluvions. M. de Coene pense que ce banc ne se formera pas, grâce à la chasse énergique du jusant du goulet. Il nous a donné des chiffres qui paraissent considérables, mais que je ne discute pas, pour le moment ; il nous a dit notamment que le débit serait, par mètre de largeur, de 300,000 mètres cubes par marée de vive eau, et de 140,000 mètres cubes en marée de morte eau.

M. Vauthier a établi — et je ne crois pas que ses calculs soient contestés — que le volume des eaux douces fournies par la Seine était annuellement de 15 milliards 1/2 de mètres cubes ; comme il y a 707 marées, cela fait un débit moyen de 21 millions 1/2 de mètres cubes par marée, qui, répartis entre les 2,000 mètres de la passe, donnent seulement 10,770 mètres cubes par mètre; ce chiffre est insignifiant, comparé au chiffre total du débit indiqué par M. de Coene ; par conséquent, c'est l'eau de mer qui devra fournir principalement la chasse.

Or, le flot a une vitesse sur laquelle on ne peut rien, et puisqu'on rétrécit la largeur, il faudrait pouvoir augmenter la profondeur d'une façon suffisante pour que le débit ne souffre pas de diminution. Pourra-t-il en être ainsi ? et n'est-il pas, au contraire, à craindre que le trouble profond apporté au régime de la marée par cette obstruction brusque ne gêne son fonctionnement et ne diminue, en somme, le volume d'eau introduit?

Quoi qu'il en soit, ce volume d'eau de mer va, à son entrée dans l'estuaire, s'épanouir dans une très large baie, à l'abri de toute agitation ; et là encore, il y aura non plus seulement diminution de vitesse, mais calme absolu, et décantation de tous les sédiments : car le flot entrant contiendra des sédiments qui proviendront en partie de l'érosion des fonds, en partie des emprunts faits aux bancs, dont le barrage favorise la formation à l'extérieur.

La capacité de cette baie, de ce réservoir, ira donc en diminuant avec le temps, ce qui réduira d'autant le volume du flot entrant et le volume du jusant, et par suite l'influence de celui-ci sur la passe.

Mais, même dès maintenant, cette baie intérieure succédant à un goulet relativement étroit ne va-t-elle pas avoir sur le régime de la marée, dans la partie supérieure du fleuve, une influence fâcheuse?

Il n'est pas démontré, en effet, que l'estuaire projeté ne va pas modifier absolument la marche de la marée vers l'amont, que le point extrême de la marée vers l'amont ne va pas être diminué ; et c'est le contraire de ce que l'on cherche.

En effet, reculer le plus possible vers l'amont le point extrême de la marée, c'est, en somme, augmenter la durée du flot et la puissance de chasse du jusant, puisque c'est emmagasiner la plus grande masse d'eau possible dans le fleuve.

C'est encore faire — et ce n'est peut-être pas là l'avantage le

moins important — que la durée de l'étale dans l'estuaire soit diminuée. C'est ainsi que cela se passe dans la Tamise, par suite des travaux qui y ont été exécutés, et qui sont très efficaces. On se rend bien compte de cet effet, car, plus le jusant aura un volume d'eau considérable à évacuer, plus sa durée sera longue, et cet accroissement de durée du jusant sera forcément pris sur la durée de l'étale. Or, c'est surtout pendant l'étale que se font les dépôts de sédiments. Une fois déposés, ils ne peuvent plus être remis en suspension que par des courants très énergiques.

Ici, je m'appuie sur l'opinion d'Ingénieurs qui ont fait et continuent à faire, dans les circonstances les plus favorables, des observations très complètes, très judicieuses, sur la formation et l'entraînement des dépôts alluviaux. Je veux parler des Ingénieurs américains qui s'occupent de l'amélioration du Mississipi. Les travaux qu'ils exécutent d'une façon continue depuis plusieurs années, sur tout le cours du fleuve, ont pour résultat d'accroître la vitesse des courants, et, par suite, de leur permettre de tenir en suspension et de charrier jusqu'à la mer la presque totalité des alluvions. Or, le Mississipi est un des fleuves les plus chargés de sédiments ; dans la passe Sud-Ouest, il circule 57 mètres cubes de sédiments par seconde, c'est-à-dire, près de 2 mètres cubes de sédiments par mille mètres cubes d'eau. Le succès obtenu donne donc une certaine autorité aux règles dont l'application a permis de l'obtenir. La première de ces règles, c'est que, pour une vitesse et un volume donnés, on peut transporter toujours la même quantité de sédiments ; si cette quantité n'est pas contenue dans un volume d'eau donné, il y aura une action d'érosion sur le fond ; si elle est atteinte, le courant n'en entraînera pas plus et respectera les parois de son lit. La deuxième règle est celle-ci : s'il faut une certaine vitesse pour tenir les sédiments en suspension, il faut, s'ils viennent à se déposer, une vitesse, environ dix fois plus grande pour les remettre en mouvement. Ces règles sont admises en Angleterre ; je ne crois pas qu'elles soient contestées en France.

Si donc il faut une action beaucoup plus énergique pour remettre les sédiments en suspension que pour les y maintenir, il y a évidemment intérêt à éviter tout dépôt, et par suite le meilleur procédé d'amélioration d'une embouchure sera celui qui laissera le moins de facilité aux sédiments pour se déposer. Si le jusant les tient en suspension, il faut que le flot les reprenne aussitôt, au renversement de courant. En outre, toujours en mouvement, ballottés dans un sens et dans l'autre, ils se triturent et passent à l'état de troubles impalpables que l'excès de jusant sur le flot pourra transporter au large et mélanger aux grands courants.

Ces conditions ne me paraissent pas complètement remplies par le projet qui nous occupe.

Le barrage d'une partie de la baie, un goulet étroit, puis tout de suite, en amont, une large baie sont, au contraire, des causes certaines de variation de vitesse et, par suite de dépôt, des apports en suspension.

Je me résume :

Quant à la théorie des embouchures à goulet, je la crois trop généralisée. — Parce que certains fleuves ayant une embouchure en goulet, suivie d'une baie en amont, ont une passe profonde et facile, je ne crois pas qu'il faille conclure qu'en retrécissant brusquement, à l'aide d'un barrage transversal l'embouchure évasée d'une autre rivière, on en améliorera certainement et pour toujours les conditions de navigabilité. Les solutions, en ces matières sont particulières à chaque cas.

Quant au barrage :

1° Je crains que la déviation du courant du Calvados n'ait pour résultat la formation d'un banc au confluent de ce courant avec celui de la passe — sans parler du banc qui se formera contre le barrage lui-même, ce qui est admis par les auteurs du projet ;

2° Le flot en pénétrant par une embouchure rétrécie dans la baie d'amont s'épanouira, perdra de sa vitesse, déposera, ce qui sera une cause de remplissage, et par suite de diminution de la capacité de marée de l'estuaire.

3° La capacité de marée diminuée, c'est la marée montant moins haut dans le fleuve, c'est un trouble profond de tout le régime, c'est le contraire d'un principe essentiel, en matière d'amélioration de rivière, et qui se peut formuler ainsi : « porter aussi loin que possible vers l'amont, le point extrême d'accès de la marée. »

Quant à l'amélioration de la partie supérieure de la rivière, tous nous sommes, je crois, d'accord, pour reconnaître que la régularisation du lit est la condition nécessaire pour assurer le mouvement de la marée et la faire arriver le plus haut possible. Mais nous n'avons pas aujourd'hui à traiter cette question. — Je le regrette, car c'eût été pour moi une occasion d'être d'accord avec M. de Coene, sur plusieurs des questions si intéressantes auxquelles il s'est consacré avec une autorité et un dévouement, auquel je lui demande la permission de rendre hommage. *(Applaudissements.)*

M. LE PRÉSIDENT. — La parole est à M. Vauthier.

M. VAUTHIER. — Je demande pardon à M. de Coene et à l'Assemblée d'arriver ici, si mal préparé : j'ai reçu le mémoire de M. de Coene seulement hier soir, à une heure tellement avancée, qu'il me semblait douteux que la discussion eût lieu aujourd'hui, et que j'avais pris la liberté de déranger M. Husquin de Rhéville, pour m'en informer. Donc j'ai peu préparé ce que j'avais à dire ; je n'ai aucune note : je réclame l'indulgence à la fois et de l'auteur du mémoire et de l'assemblée.

Je commencerai par présenter, à M. de Coene une observation qui

s'écarte un peu du sujet technique qui doit nous occuper, et qui mérite cependant une certaine attention.

M. de Coene dans son mémoire, pour montrer la grande importance de la question de l'amélioration de la Seine maritime, et des ports de Rouen et du Havre, établit une comparaison entre le mouvement des deux ports de la Seine et celui des autres grands ports du continent et des pays étrangers. Or, par le système qu'il a suivi, par les éléments dont il s'est servi, il a diminué l'importance relative de l'un des ports de la Seine : du port de Rouen, et affaibli les considérations qui militent en faveur de l'amélioration de la Seine maritime. Pour établir ce qu'il appelle, inexactement, le trafic des ports de mer, il a pris le tonnage des navires qui les fréquentent. Or, le tonnage des navires entrés ou sortis, qui ne tient aucun compte de ce qu'ils sont chargés ou sur lest, ne peut pas plus exprimer le trafic maritime d'un port que ne l'exprimerait, pour un chemin de fer, le nombre ou la capacité des wagons, vides ou pleins, qui y circulent. C'est le poids des marchandises transportées qui constitue le véritable élément de comparaison d'un port à un autre ; et cela par deux motifs ; le premier consiste en ce qu'on dispose là d'éléments homogènes ; le second en ce que le tonnage en poids des matières déplacées est ce qui mesure le plus exactement la faculté de transport, l'importance de la fonction remplie par le port. C'est donc cet élément qu'il paraît naturel de prendre pour base de comparaison. Quand on se rapporte au tonnage des navires, qui exprime, non le trafic, mais le mouvement du port, ce qui est bien différent, la comparaison pèche, parce qu'il y a, d'un port à un autre, des différences considérables dans le coefficient de chargement. L'écart dont il s'agit est tellement grand que ce coefficient arrive, dans certains cas, à dépasser l'unité, et que, dans d'autres cas il n'atteint pas 30 0/0. Ainsi, si l'on établit, sur cette base une comparaison entre le Havre et Rouen, on se trompe, car à Rouen, le coefficient de chargement atteint l'unité, ou même la dépasse, tandis que, pour le Havre, ce coefficient tombe à 60 0/0 environ, si ma mémoire ne me fait pas défaut. Lors donc qu'on compare entre eux les ports français par le tonnage des navires qu'ils reçoivent, on se sert d'éléments hétérogènes et quoiqu'on ne soit pas absolument dans la fantaisie, on peut s'éloigner beaucoup de la vérité.

Je sais bien que, quand on veut étendre les recherches aux ports étrangers, on est forcé de se servir de l'élément tonnage, parce qu'il est le seul que donnent avec certitude les statistiques des autres pays. Même pour les ports anglais, il est difficile de connaître avec quelque exactitude les poids transportés. Que l'on recoure alors au tonnage des navires à défaut d'autres moyens, je l'admets. Mais, pour les ports français, cela ne se comprend pas.

Ainsi, par exemple, voilà le Havre donné comme ayant un trafic

maritime qui se serait élevé, de 1860 à 1882, de 2,500,000 tonnes à 4,500,000 tonnes. Or, ce n'est pas le trafic maritime du Havre : ce trafic était, en 1882, de 2,500,000 tonnes, non de 4,500,000 tonnes. Puis voici Rouen considéré comme ayant passé d'un trafic de 500,000 tounes à un trafic de 1,500,000. Ici, nous sommes à peu près dans le vrai, parce qu'il y a, pour Rouen, presque identité entre le tonnage des navires et les poids transportés. Seulement, avec le système de M. de Coene, l'importance de Rouen ne représenterait que le tiers de celle du Havre, tandis qu'elle en représente réellement la moitié. Cela n'est pas sans avoir quelque importance relativement à la question de l'amélioration de la Seine maritime qui, à côté du port du Havre, préoccupe aussi l'auteur du mémoire.

Pour avoir une idée de l'importance de la Seine au point de vue des transports, il faut donner au port de Rouen l'importance relative qui lui appartient.

M. de Coene. — Voulez-vous me permettre de faire une observation?

Les nombres que j'ai pris pour indiquer le mouvement des ports du monde sont empruntés à la statistique du ministère des Travaux publics.

Cette statistique représente exactement le mouvement des navires qui fréquentent les ports, M. Vauthier croit que le tonnage exprime mieux l'importance d'un port. Ce n'est pas mon avis, car les marchandises lourdes, en général, qui viennent à Rouen, si elles égalent à peu près le tonnage des navires, ne représentent pas cependant un commerce, au point de vue de l'argent, aussi important proportionnellement puisque au tonnage du Havre il faut ajouter le mouvement des voyageurs qui est un élément considérable de trafic. D'un autre côté, les marchandises du Havre, qui sont des marchandises d'encombrement, ont une valeur bien plus considérable puisque la valeur des marchandises du Havre (2,500,000 tonnes) représentent une valeur de 2 milliards tandis que les marchandises de Rouen (1,500,000 tonnes) représentent seulement 240 millions environ.

En faisant mon énoncé de l'importance du trafic des ports du monde entier, j'ai tenu à ne prendre que des chiffres officiels et j'ai cherché à éviter d'être accusé d'être plus favorable au port de Rouen qu'au port du Havre ; quand je cite le chiffre de 19 millions de tonnes du port de New-York, je ne doute pas non plus que ce chiffre, qui exprime le mouvement des navires du port, ne montre bien l'importance de ce port qui domine les autres de si loin et où le trafic des navires à voyageurs occupe une si grande place.

M. le Président. — Voilà le différend tranché, il n'y a plus de contradiction avec ce que vient de dire M. Vauthier.

M. de Coene. — J'ai voulu donner cette explication pour que l'assemblée ne pût croire qu'il y avait une divergence de bases d'estimation.

M. Vauthier. — Je n'insiste pas davantage. J'ai bien compris qu'il

s'agissait d'une comparaison des trafics des ports de mer du monde entier, et que ce qui nous est donné, c'est le tonnage des navires qui fréquentent ces ports. Cet élément vaut ce qu'il vaut. De même pour la comparaison par la valeur des marchandises ; mais le trafic réel c'est le poids transporté, et le tonnage des navires ne l'exprime pas.

Quand on établit une comparaison, il faut s'appuyer sur des éléments homogènes, sans quoi la statistique ne signifie plus rien, ou induit en erreur.

J'arrive à la question technique, et, ici, j'éprouve un premier scrupule. M. de Coene, tout à l'heure, à la critique faite par un de nos collègues, du projet qu'il a présenté et auquel se rapporte son mémoire, a répondu : « Ce projet n'est pas le mien, il appartient à M. Partiot. » Je me trouve un peu embarrassé pour combattre, dans ces conditions, le projet de M. de Coene. En fait, je vais combattre le projet de M. Partiot, qui est absent. Or, je professe pour M. Partiot la plus grande estime et la plus haute considération, aussi bien que pour M. de Coene ; mais, en combattant les idées de M. Partiot, sans qu'il soit là, je me sens un peu gêné. M. de Coene en prend-il l'entière responsabilité? Sont-ce vos idées? Sont-ce les idées de M. Partiot qu'il présente? J'ai besoin de le savoir pour parler en toute liberté.

M. DE COENE. — La partie intéressante, en discussion en ce moment, est le barrage de la Seine : c'est ce qui constitue l'originalité du projet de M. Partiot.

M. VAUTHIER. — Bien. C'est entendu. L'idée n'est pas de vous, mais vous l'avez faite vôtre. Eh bien, cette idée, je ne puis la partager. Invité récemment, dans la grande Commission qui s'occupe, en ce moment, du port du Havre et de la Seine, à donner mon avis relativement à ce projet, j'ai répondu que, « plein d'estime pour les travaux et écrits de M. Partiot, qui connaît si bien la question des rivières à marée et a pris une part considérable aux travaux les plus intéressants de la Seine maritime, je croyais qu'il s'était complètement trompé dans ses idées sur l'amélioration de l'estuaire et de la Seine maritime ; mais, dans une question aussi grave que celle des estuaires, on ne saurait trop soulever de points de vue. Il est donc très intéressant que les idées de M. Partiot aient été remises de nouveau en discussion ; et si je les crois inexactes, ce n'est pas une raison pour que je trouve mauvais qu'elles soient défendues.

J'ai, depuis très peu de jours, en mains, le compte rendu d'une discussion analogue à celle que nous poursuivons en ce moment, qui a eu lieu devant nos collègues de Londres. M. Partiot était présent par correspondance, et M. de Coene avait également présenté un mémoire. De ce compte rendu, dont j'aperçois un exemplaire dans les documents laissés ici par M. de Coene, et dont M. de Coene a pris, je suppose,

connaissance, il ressort que ses idées ne sont pas partagées par nos confrères de l'autre côté de la Manche. Ceux-ci considèrent d'abord qu'il est difficile d'établir une loi générale du régime des estuaires, et que ce sont des cas particuliers qui demandent à être traités chacun dans son espèce. Aussi éprouvent-ils une grande surprise de voir que M. Partiot, et M. de Coene, après lui, prennent la Mersey comme un exemple à imiter. Quelque fiers que soient en général nos voisins de tout ce qui est anglais, ils jugent l'état de la Mersey très peu satisfaisant, avec ses chenaux dont le fond se relève aussi bien en aval qu'en amont de la partie rétrécie du fleuve, considérant cette situation comme particulièrement difficile à améliorer. Sans doute, disent-ils, le rétrécissement de la bouche de l'estuaire de la Seine proposé par M. Partiot aurait d'abord pour effet de déterminer des affouillements et d'augmenter la profondeur, tant dans le canal rétréci qu'à une certaine distance au-dessus et au-dessous, mais cette contraction gênerait l'introduction du flot, déterminerait un changement dans la vitesse du courant qui, franchissant rapidement le goulet étroit, s'épancherait ensuite dans le large bassin situé en amont. De là, dépôts des matières portées par le flot, et atterrissements puissamment aidés par la prolongation proposée de l'endiguement jusqu'à Honfleur. La surface de l'estuaire comprise entre Tancarville et la ligne pointe du Hoc-Honfleur s'élèverait bientôt au niveau des plus hautes mers. Cette diminution de la surface envahie par les eaux dans l'estuaire réduirait la force du courant de marée dans le goulet, par suite la profondeur de celui-ci et du chenal à la suite, tout en favorisant, par l'affaiblissement du volume d'eau pénétrant dans la baie, la tendance des matières à se déposer tant à l'intérieur qu'à l'extérieur. De telle sorte qu'il arriverait non seulement qu'on perdrait l'excédent de profondeur initialement obtenu dans le goulet, mais qu'on mettrait encore en péril les profondeurs à l'ouvert de l'estuaire.

Ces objections me paraissent avoir une grande force, et je les partage entièrement.

L'idée théorique d'approfondir, en le rétrécissant, le chenal qui sépare de la mer un bassin dont la capacité se remplit ou se vide suivant les oscillations de celle-ci, est une vue que tout le monde accepte, et qui serait juste, quant au chenal rétréci, si toutes choses, après le rétrécissement, restaient en l'état. Or on voit, à cet égard, les appréhensions de nos collègues d'outre-Manche. Et il est une objection bien plus grave encore qu'on peut opposer aux embouchures rétrécies, c'est celle qui se rapporte au fonctionnement du fleuve dans sa partie supérieure ; et l'intérêt de ce bon fonctionnement est, à mon avis, le point capital de la question.

Avant d'entrer dans le vif du sujet, je crois devoir présenter une observation préalable, toutes les fois que je trouve dans un projet une disposition ayant pour but de parer à une difficulté présente, sans as-

surer contre ce qui se passera dans l'avenir, quand je vois, par exemple, comme dans le projet de M. de Coene, préparer un bassin pour recevoir le sable qui arrive avec la marée de la côte du Calvados, je me demande, et cela est naturel, ce qui arrivera quand ce bassin sera rempli. On n'a pas tari la source du sable. On fait un bassin où il s'amoncelle; mais après, que se passera-t-il ? Un système bien conçu doit assurer par lui-même le maintien de toutes ses parties.

Il est aujourd'hui, en ce qui touche les fleuves à marée, une idée, acceptée par tous les ingénieurs, et que ne repoussent certainement ni M. Partiot ni M. de Coene, c'est que non seulement le fonctionnement actuel, mais aussi le maintien du bon fonctionnement et le principe d'amélioration de ces fleuves résident dans le plus ou moins grand volume d'eau, qui pénètre à l'amont sous l'action du flot et qui s'écoule, en jusant, avec les eaux douces. C'est sur ce double mouvement quotidien de montée et de descente des eaux, sur l'action de ce puissant bélier hydraulique naturel et sur l'augmentation de son énergie qu'on s'appuie aujourd'hui pour obtenir l'amélioration des conditions nautiques des fleuves à marée.

Quel rôle le rétrécissement de l'embouchure peut-il jouer dans la solution de ce problème essentiel ? C'est ce qu'il serait utile que les auteurs de l'idée examinassent. Avant d'en dire un mot je jetterai un coup d'œil d'ensemble sur quelques fleuves à marée.

La Seine, au point de vue de la pénétration des marées à l'intérieur, présente cette situation particulière, qu'à basse mer le profil se relève fortement de telle sorte qu'en étiage, il existe de la mer jusqu'à Rouen une différence de niveau de près de $4^m,50$.

Cette disposition fâcheuse, qui réduit le volume d'eau pénétrant, se retrouve dans la Loire, fleuve à l'embouchure légèrement rétrécie mais où les marées fonctionnent mal et qui présente, en basse mer, une pente de 2 mètres à $2^m,50$ jusqu'à Nantes. Mais on ne la rencontre ni dans la Gironde, le plus beau fleuve du monde, ni encore moins dans la Tamise. Dans la Gironde, malgré un léger rétrécissement à l'embouchure, il n'y a, presque pas, de basse mer, de pente jusqu'à Bordeaux, et sur la Tamise, dont l'embouchure est largement évasée, c'est mieux encore, car jusqu'au pont de Londres il y a, de basse mer, une contre-pente. Quant à la Mersey qui, en tant que fleuve maritime, n'a qu'une minime importance, vous voyez par le profil mis sous nos yeux combien le niveau des basses mers se relève fortement en amont de Liverpool, dans cette partie que l'hydrographie locale dénomme l'estuaire supérieur.

La Mersey, dans les conditions de fonctionnement par les marées, n'offre aucune analogie avec la Seine.

Il y a, à l'embouchure de la Mersey, un bassin de réception qui le remplit et le vide, mais pas de lit de fleuve à l'amont pour fournir de

puissantes chasses d'eau ; et c'est là probablement ce qui explique, nonobstant l'énorme oscillation des marées, la formation de la barre qui existe dans l'estuaire, au-dessous de Liverpool, à 15 ou 16 kilomètres de la section rétrécie. C'est là ce qui constitue la véritable difficulté d'amélioration de la Mersey, et je ne pense pas que le cas de la Mersey puisse jamais être tourné à la glorification de la théorie des embouchures rétrécies.

M. DE COENE. — M. Vauthier dit que j'ai parlé de la Mersey comme d'un estuaire à imiter. C'est le contraire de ce que j'ai dit dans ma communication; la Mersey a une barre et elle a une barre parce que l'estuaire est trop évasé.

C'est en réduisant l'estuaire de la Mersey à une seule passe que l'on arrivera à supprimer la barre, comme on la supprimera sur la Seine en réduisant les trois passes à une seule.

M. VAUTHIER. — Je veux bien laisser la Mersey de côté ; et je sais en effet, par le compte rendu de la discussion anglaise, qu'à la suite d'une rapide étude M. de Coene a pensé qu'il pourrait arriver facilement à améliorer l'estuaire de la Mersey, ce que les Anglais accueilleraient avec bonheur.

Je passe à l'Escaut. L'orateur qui m'a précédé a parlé de ce fleuve, et je suis de son avis : l'Escaut ne justifie pas le moins du monde le système des embouchures rétrécies; ce n'est pas le rétrécissement de Flessingue qui donne à l'Escaut sa valeur nautique. Ce qui donne à l'Escaut cette valeur, c'est le puissant appel vers l'amont, qui résulte de ce que l'Escaut coule en pays plat, et que la marée y remonte jusqu'à Gand, qui est à 200 kilomètres de la mer. Mais, pour l'Escaut lui-même, le véritable point à considérer ce n'est pas Flessingue ; à l'amont de Flessingue, il y a quelques difficultés naissant de ce qu'il y subsiste encore une partie trop large ; mais, la véritable question, pour l'Escaut, c'est celle que je montre sur cette carte, celle de son estuaire qui s'étend jusqu'à une distance considérable en aval de Flessingue. En face de ce port, il existe bien une partie rétrécie ; elle est bien loin d'être aussi étroite que celle qu'on veut faire sur la Seine, elle a plus de quatre kilomètres de largeur, tandis que, pour la Seine, on veut arriver à deux kilomètres seulement. Mais ce léger rétrécissement n'a, eu égard à la circonstance que j'ai indiquée, qu'une minime importance pour le fonctionnement du fleuve ; elle joue un faible rôle dans l'Escaut considéré dans son ensemble, et n'a pas dans tous les cas empêché la formation du vaste estuaire à fond de sable situé au dehors.

Je ne parlerai pas de l'Elbe, où j'avoue qu'il m'a été impossible de découvrir un rétrécissement quelconque. Voilà la carte de l'Elbe ; je n'aperçois pas sur l'Elbe, d'embouchure rétrécie. Je vois bien, à marée basse, un chenal qui se rétrécit ; mais, je vois qu'il y a là, à marée

haute, une immense étendue couverte par les eaux, et ce n'est pas là du tout un rétrécissement proprement dit.

Je dis donc, et c'est là le point auquel je m'arrête, que si la théorie des embouchures rétrécies correspondait à l'idée que j'indiquais tout à l'heure, les partisans de ce système auraient de suite partie gagnée. Mais, la question est plus complexe; et, en dehors de la conservation du bassin de réception, qui est capitale, si l'on ne considère pas seulement le débouché du fleuve, mais son ensemble, on est conduit à se poser cette question: comment, après le rétrécissement de l'embouchure, fonctionnera le fleuve à l'amont? Si les phénomènes dont j'ai parlé tout à l'heure se produisent; si ce bassin, créé en amont de la digue, vient à se combler par le dépôt des alluvions et qu'on perde les avantages sur esquels on avait compté, on se trouvera, cela n'est pas niable, dans des conditions fâcheuses. Mais, en supposant même que les profondeurs se maintiennent à la suite d'un rétrécissement de ce genre, n'aurez-vous pas créé un obstacle à l'ascension des marées dans le fleuve? Ce que j'appréhende se manifeste déjà dans la Seine, par suite de l'établissement des digues, telles qu'elles ont été tracées. J'ai toujours beaucoup admiré les travaux d'endiguement de la Seine maritime,toujours rendu hommage aux Ingénieurs qui les ont conçus et dirigés. Ils ont fait certainement là un des plus beaux travaux hydrauliques du monde, et obtenu d'admirables résultats. Seulement, avec la liberté qui doit présider à l'examen de toutes ces questions, je me suis permis de me demander, si, en suivant jusqu'au bout la loi de l'évasement qu'ils avaient adoptée à l'origine, ils avaient agi rationnellement. On était parti d'un écartement de 300 mètres et on marchait avec une augmentation d'évasement de 10 mètres par kilomètre.

Voici, sur cette carte, à partir de la pointe de Tancarville, les dispositions que cela donne, le chenal endigué auquel cela conduit.

Mon impression a toujours été que ces digues, ainsi prolongées dans l'estuaire, n'ont pas entre elles assez d'écartement.

Les effets qui se sont produits à l'amont ont été remarquables ; il y a eu 60 millions de mètres cubes de sable enlevés du lit de la Seine et entraînés à l'aval ou rejetés derrière les digues.

Mais comment fonctionne la marée dans l'embouchure étroite qui résulte de cette disposition? Il aurait fallu, pour bien le démontrer, que j'eusse pu préparer un dessin spécial ; mais vous pouvez cependant, en suivant le profil avec attention, y voir ceci : c'est que la ligne des hautes mers de vives eaux se surélève vers l'extrémité des digues assez notablement par rapport à la hauteur qu'elles ont en pleine mer, et que cette ligne subit ensuite, après sa pénétration dans les digues, un abaissement, pour se relever ensuite légèrement vers Rouen.

Cela montre que le flot, pour pénétrer entre les digues, éprouve une difficulté qui ralentit la vitesse de la marche, et détermine non seule-

ment le gonflement dû à l'insuffisance de largeur entre les digues, mais encore l'abaissement de niveau en amont, signe que le fleuve se remplit mal.

De là, j'ai cru pouvoir conclure, dans un travail ancien déjà, qu'il fallait que les digues eussent à l'aval un évasement plus considérable, et fussent remaniées, à partir d'un point situé à l'amont de Quillebeuf, ou tout au moins à partir de Quillebeuf, de façon à présenter, au droit de ce qui constitue leur extrémité actuelle, un orifice de réception plus largement évasé pour la pénétration du flot.

Cette idée-là est aujourd'hui admise par tout le monde, sauf pourtant par M. de Coene, qui hésite, et par M. Partiot qui voudrait prolonger plus loin encore, jusqu'à Honfleur, l'endiguement à section étroite. Si déjà on constate une obstruction, une difficulté de pénétration du flot entre les digues actuelles, que serait-ce si, avant d'arriver à un orifice, reporté à Honfleur, elles avaient dû passer par un premier goulet rétréci en face le Havre ?

Une telle disposition fonctionnerait certainement fort mal. Il n'y a pour moi et pour bien d'autres qu'une idée juste : c'est, après avoir évasé les digues à leur extrémité actuelle, de poursuivre ensuite l'endiguement d'une manière continue vers Honfleur, d'une part, et vers le Havre de l autre, car une condition essentielle, quand il existe deux ports de cette importance, c'est de les respecter, surtout de ne pas leur nuire.

Le principe posé, il peut y avoir bien des tracés qui atteignent le but plus ou moins favorablement, et je n'ai jamais dit que la bouche de l'estuaire entre le Havre et la pointe de Villerville ne fût pas un peu large. Cet excédent de largeur permet d'accueillir certaines idées comme celle de notre honorable Président, qui pense qu'on peut, au Havre, établir avec avantage, en avant de la côte actuelle, un vaste avant-port précédant des bassins beaucoup mieux appropriés aux besoins de la navigation que les bassins actuels.

Cette solution est ici représentée. Je ne suis pas bien les digues de l'œil ; je trouve qu'elles sont, en certains points, un peu trop rapprochées, que l'évasement n'est pas assez grand ; mais leur tracé rentre dans l'ordre d'idées des embouchures évasées en pavillon, qui me paraît être la vérité.

Si c'est l'idée de M. Hersent, c'est aussi celle d'un ingénieur très distingué, qui dirigeait le service de la Seine, il y a quelques années, et qui est mort prématurément. Il croyait, lui aussi, aux estuaires évasés, il ne pensait pas qu'il fallût commencer par barrer le fleuve pour l'améliorer.

Voici le tracé de M. Lavoinne; il supposait les digues établies suivant les directions que je vous montre. Elles aboutissent au Havre et à Honfleur; mais, à l'aval d'Honfleur, la digue Sud s'éloigne fortement de la côte et ne laisse en face le Havre qu'une largeur d'un peu plus de

4 kilomètres. M. Lavoinne a justifié son tracé par des calculs que je ne ferais pas trop de difficulté d'accepter s'il était démontré que la Seine ne peut être appelée à avoir, aux plus faibles marées, un tirant de d'eau supérieur à $7^m,30$, ainsi que je l'ai demandé il y a cinq ans.

Seulement, si, suivant ce programme qui était aussi celui de M. Lavoinne, on établissait, dans l'estuaire, des digues avec cet évasement, il serait, plus tard, absolument impossible d'arriver, dans la Seine maritime, à des profondeurs plus considérables. Je ne crois pas que l'on puisse aujourd'hui rester sur cette première donnée. Je ne veux pas la critiquer trop vivement, puisque c'était la mienne; mais je crois, maintenant que la question est amorcée, qu'il faudrait avoir, pour la Seine maritime, une ambition plus haute et se réserver le moyen de la pousser à des profondeurs plus considérables; et cela, non pas seulement dans l'intérêt commercial du pays, mais aussi au point de vue militaire de la défense du territoire.

Si l'on avait dans la Seine des profondeurs qui permissent aux navires de guerre de la remonter et de créer, en amont de Tancarville, un port de refuge dont il serait si facile de rendre la position inexpugnable, ce serait d'un prix inappréciable, dans certains cas.

Je crois donc qu'il faut élargir le programme des $7^m,30$ de tirant d'eau; et je ferai, en passant, un petit reproche au projet de M. Lavoinne, c'est d'admettre dans l'une de ses dispositions quelque chose qui n'a qu'un caractère passager. Je demande comment cela fonctionnerait plus tard.

Voici, entre Honfleur et Trouville, un bassin de réception pour les sables du Calvados. Que se passera-t-il quand ce bassin sera plein ? Le sable arrivant alors sera entraîné hors du bassin sans avoir subi l'opération essentielle pour que le sable ne produise pas d'inconvénients sur les passes de l'estuaire, c'est-à-dire sans avoir subi la trituration, la pulvérisation nécessaire pour qu'il soit entraîné dans les grands fonds, où il disparaît à jamais. C'est là une objection au projet de M. Lavoinne; mais quant au système des embouchures évasées, je dois dire, en m'appuyant sur ce volume de compte rendu, que les Ingénieurs expérimentés qui viennent de discuter la question, en Angleterre, et ont mis en présence les projets que nous avons là : le projet de M. Partiot, celui de M. Lavoinne et le mien, me paraissent, autant que j'ai pu le voir, pencher pour un estuaire endigué suivant des dispositions qui seraient une sorte de mixte entre ces deux derniers tracés. Ils adopteraient un large pavillon à l'embouchure, mais vers Honfleur rameneraient la largeur aux dimensions de M. Lavoinne et même à des dimensions un peu moindres.

Nous n'avons pas à discuter, ici, les questions de détail du tracé, qui ne nous appartiennent pas; nous ne pouvons que les examiner d'une façon théorique.

Quoique je reconnaisse que les eaux qui remplissent l'estuaire de la Seine proviennent de deux directions différentes, bien que les eaux du flot du nord soient claires, tandis que les eaux qui arrivent après avoir longé les côtes du Calvados, amènent une certaine quantité de sable, — moins cependant qu'on ne le supposait, avant les dernières études des Ingénieurs de la Seine, — je ne pense pas qu'il faille trop s'effrayer de ces eaux et essayer de les détourner de l'estuaire.

Ainsi que je l'exprime dans quelques lignes ajoutées à ma petite brochure dont je fais hommage à la Société, dans la personne de son honorable Président, je ne m'effraie pas beaucoup des sables du Calvados, du moment qu'ils trouveront dans l'estuaire des conditions de broyage, de trituration, et qu'il y aura assez d'eau dans la Seine pour les expulser.

C'est là ce qu'il faut rechercher : c'est l'augmentation de la quantité d'eau qui entre dans la Seine et qui travaille efficacement pour le dragage des chenaux de l'estuaire. On dit : Prenons la ligne du méridien du Havre, et voyons la quantité d'eau qui y passe dans une marée ; on trouve 6 à 700 millions de mètres cubes d'eau, tandis que, sur ce chiffre, la quantité d'eau remontant dans la Seine, en amont de l'extrémité actuelle des digues, n'est que de 60 millions. Voilà deux quantités tellement différentes qu'il semble que l'une disparaît devant l'autre. C'est une erreur ! La plus forte partie des 600 millions de mètres cubes sort de l'estuaire dans le premier moment, quand la mer commence à baisser, et ne produit presque pas d'action sur les fonds, tandis que ce qui est remonté dans la Seine n'en sort qu'à la fin du jusant, et parcourt l'estuaire de l'amont à l'aval, lorsqu'il n'y a plus qu'une faible hauteur d'eau dans les chenaux. Ce sont ces eaux-là qui produisent le plus grand effet. Cet effet se mesure par l'augmentation du volume et l'augmentation de la distance d'où les eaux proviennent ; c'est-à-dire que tout excédent que l'on déterminera dans le volume d'eau pénétrant dans le fleuve produira des effets qui croîtront presque comme le carré du supplément de volume introduit. C'est là, selon moi, l'élément principal de l'amélioration de l'estuaire de la Seine ; ce qu'il faut, c'est augmenter dans des proportions notables la quantité d'eau qui remonte dans la Seine.

Pour cela, quand on a sous les yeux le profil que je vous montrais tout à l'heure, on remarque qu'il y a, à partir d'un point que j'indique ici, un banc spécial qui tient les basses eaux du fleuve relevées à l'amont comme le ferait un barrage.

Les bancs, à la partie supérieure, ajoutent bien à cet effet, mais ce sont des bancs qu'on peut faire disparaître par des rétrécissements du lit et des rectifications des rives, tandis que dans le point que je signale, il existe un ou deux bancs, le banc des *meules* notamment, qui ne sont pas affouillables. On a abaissé le banc des *meules;* mais d'une manière insuffisante. Il y faut revenir, l'écrêter davantage sur toute la

largeur du lit, et l'on peut dire en toute vérité, c'est là qu'est l'amélioration de l'estuaire. Un plus grand évasement donné aux digues est très nécessaire, mais un nouvel abaissement des bancs des *meules* est un élément aussi indispensable de la question.

Sous l'influence de l'endiguement de la Seine, les basses mers descendent à Rouen notablement plus qu'elles ne s'abaissaient autrefois.

Dans un travail ancien déjà, guidé par des chiffres que je croyais certains, j'avais porté cet abaissement à $1^m,70$. Ce chiffre a été contesté, comme trop élevé. J'avoue que j'ai moi-même reconnu que les documents, provenant pourtant d'Ingénieurs fort distingués auxquels je m'étais fié, pouvaient n'être pas exacts.

D'autre part, on réduisait l'abaissement des basses mers, à Rouen, à 40 ou 50 centimètres. J'ai dû reprendre la question, au moyen des renseignements fournis par les Ingénieurs du port de Rouen eux-mêmes, et suis arrivé à ce résultat : que c'est le régime des eaux douces dans le fleuve qui gouverne le niveau des basses mers à Rouen et que l'abaissement, qui peut être fixé à $1^m,20$ environ, à partir de 1847, s'est ralenti à partir de 1867, date de l'achèvement des digues, mais n'a pas cessé depuis et a subi l'influence des dragages effectués sur le banc des *meules*. D'où je crois pouvoir conclure que, si l'on écrêtait davantage ce banc, on aurait à l'amont un nouvel abaissement du plan d'eau qui substituerait à une tranche d'eau morte une tranche d'eau vive dont le volume s'écoulerait à la mer, et, dont la place devrait naturellement être remplie par les marées. On aurait donc ainsi un plus grand volume d'eau montant et descendant; ce volume, je l'évalue à une trentaine de millions de mètres cubes, par marée moyenne. Cela ne correspond pas à la diminution de capacité qui s'est produite dans l'estuaire, à la suite des endiguements. D'après les calculs de M. Estignard, le volume d'eau entrant dans l'estuaire aurait diminué de 100 millions de mètres cubes; mais, eu égard aux conditions plus favorables pour le dragage des fonds qui accompagnent les eaux venant d'une grande distance dans le fleuve, ces 30 millions de mètres cubes feraient plus que de rétablir la balance, et, comme je vous l'ai montré sur le profil de la Seine, même après ce nouvel abaissement du niveau d'étiage, la Seine se prêterait encore à des améliorations ultérieures du même genre.

Telle est, Messieurs, la série d'idées qui me paraît devoir servir de base au projet d'amélioration de la Seine maritime et de son estuaire.

Maintenant, un autre point de vue auquel je voudrais me placer, c'est celui relatif au but que l'on doit viser dans le tracé des digues le long de l'estuaire.

On m'a souvent fait cette objection, qui s'applique surtout à mon tracé; on m'a dit : Les chenaux vont continuer à divaguer dans cet estuaire trop large. A quoi j'ai répondu : Je ne dis pas non, mais certainement ils divagueront moins qu'aujourd'hui. — Or, en suivant les

faits avec attention, au moyen de tous les documents qui existent, et qui sont nombreux, car on fait aujourd'hui des reconnaissances presque tous les mois, on relève les hauteurs des seuils, et cela depuis un certain nombre d'années, — quand on suit les faits avec attention, on s'aperçoit, dis-je, que l'estuaire de la Seine a été calomnié. Son chenal est beaucoup plus stable qu'on ne le dit. C'est une vieille réputation, qu'il a conservée, de changer constamment d'une place à l'autre. Mais cela a cessé d'être exact, dans la mesure où on l'a dit.

Voici une carte dressée, il y a quelques années, des directions des chenaux de l'estuaire, dans la période de 1875 à 1878. Vous les voyez qui s'éparpillent dans toute la largeur de l'estuaire : c'est un véritable écheveau mal peigné dont les brins vont d'un côté à l'autre, et l'on voit un chenal, qui décrivait une courbe adoucie et paraissait se rectifier, devenir brusquement sinueux de nouveau. Voilà ce qui existait avant 1879. En 1879, on voit déjà les choses se régulariser un peu. A une seule exception près, on ne voit, dans cette série de relèvements, aucune divagation ; le pinceau de chenaux se maintient dans une zone étroite. Voilà des chenaux qui ne sont pas aussi volages qu'on le dit. En 1880, il y a encore une divagation, mais le pinceau de chenaux successifs se resserre encore. Prenons une autre année. Voici des chenaux magnifiques, des sinusoïdes parfaitement développées avec d'énormes rayons de courbure. Et cependant les limites de l'estuaire sont telles qu'elles permettent encore les divagations. Si l'estuaire était endigué, les digues étant disposées de cette façon, on aurait des sinusoïdes superbes, de forme extrêmement convenable au point de vue de la navigation. — Voici encore l'année 1884, vous voyez que les sinusoïdes se rapprochent extrêmement les unes des autres. Je considère donc que l'estuaire s'arrange ; qu'il a subi et qu'il subit de plus en plus chaque jour l'effet favorable résultant de l'augmentation du volume d'eau pénétrant entre les digues et j'en conclus que l'endiguement de l'estuaire ne doit pas être fait pour déterminer la situation du chenal, qui se déterminera toute seule, lorsque les digues seront bien établies et qu'on aura un assez grand volume d'eau s'écoulant au jusant. En principe, les digues d'un estuaire ne doivent pas être conçues comme appelées à déterminer la direction du chenal, mais à favoriser l'introduction la plus large possible du flot dans le fleuve.

C'est encore une idée que je partage avec nos collègues d'outre-Manche et que je trouve dans ce petit volume anglais de comptes rendus qui est très intéressant. Les Anglais disent avec raison que les digues doivent être conçues comme dessinant non le lieu des basses eaux, mais celui des hautes eaux. C'est un lit majeur que l'on trace, non un lit mineur. Ça a toujours été mon sentiment.

Je voudrais, avant de terminer et comme entre parenthèses, indiquer

un point de fait, qui me semble avoir quelque intérêt pour les recherches ultérieures.

On s'imagine que, depuis la construction des digues, l'estuaire de la Seine a mal fonctionné et est allé en se comblant. On a procédé, en 1875, à une reconnaissance hydrographique de la baie, qui a fait constater qu'il s'était formé, dans le fond de l'estuaire, une quantité considérable d'alluvions, s'élevant à quelque chose comme 180 millions de mètres cubes environ. En face de cette masse énorme, on s'est demandé d'où cela pouvait venir. Je disais tout à l'heure qu'il était descendu de la Seine environ 60 millions de mètres cubes de sable, qui s'étaient logés en partie à l'amont de l'estuaire, derrière les digues. Ce volume ne pouvait pas fournir l'explication cherchée, et la Seine elle-même charrie très peu. D'où pouvaient donc venir ces atterrissements qui, en se continuant, allaient bientôt faire des abords du Havre une vaste prairie ? Il a été établi qu'ils venaient de la mer et étaient apportés par le flot. Je ne conteste pas ce point, mais il était intéressant de savoir exactement ce qui s'était passé depuis le moment où l'on peut calculer au moyen des cartes hydrographiques les mouvements des fonds de l'estuaire. Or, je pensais avec M. de Coene, il n'y a pas longtemps encore, que l'embouchure même de l'estuaire s'était aussi atterrie depuis une époque reculée.

Eh bien, cette opinion-là est absolument en contradiction avec les faits. En prenant la surface que vous voyez ici, comprenant l'embouchure de l'estuaire jusqu'à la pointe du Hoc, à l'Est, et une partie extérieure qui s'étend à une distance de 10 kilomètres environ du méridien de la Hève, à l'Ouest, on arrive à constater que, dans l'ensemble de cette surface, on avait, en 1834 : 1,985 millions de mètres cubes d'eau au-dessous du zéro des cartes marines; en 1853, vingt ans après, ce volume d'eau était diminué d'une quantité de 147 millions de mètres cubes, c'est-à-dire qu'il y avait un atterrissement de volume égal. Or, en 1875, lorsque M. Estignard a fait sa reconnaissance, cela avait tellement changé que, au lieu d'un atterrissement, il y avait un affouillement de 256 millions de mètres cubes, c'est-à-dire qu'on avait gagné à peu près 110 millions de mètres cubes d'eau sur 1834. De 1875 à 1880, il y a eu un nouvel atterrissement dans l'ensemble, mais qui n'est que de 21 millions de mètres cubes; de façon que, si l'on compare la situation de 1880 à celle de 1834, on trouve encore un gain en eau de 87 millions de mètres cubes. Et on voit de plus que c'est la partie Nord, celle où se trouve le Havre, qui reste la plus immuable. Donc, l'estuaire de la Seine et ses approches, sous les influences auxquelles ils sont soumis, et dans leur ensemble, ne se comblent pas; et j'avoue, pour ma part, que je suis disposé à l'attribuer à l'augmentation continue du volume d'eau qui remonte dans la Seine.

Cela veut-il dire qu'il n'y a rien à faire ? Ce n'est pas mon sentiment.

Premier point : Il ne faut point rétrécir l'embouchure de la Seine.

Second point : Il faut déterminer l'établissement des digues dans l'estuaire, de manière à avoir un tracé continu qui assure pour l'amélioration et l'entretien des profondeurs, l'action de ce grand phénomène qui se produit 700 fois par année, et qui fait remonter et descendre dans le fleuve un volume de plusieurs millions de mètres cubes d'eau. C'est ce volume qu'il faut augmenter progressivement, par l'abaissement des seuils, dans la partie endiguée. C'est ainsi qu'on rendra les conditions de navigabilité vers l'amont plus favorables, et qu'on obtiendra pour l'estuaire une augmentation sans cesse croissante de la puissance des chasses d'où la stabilité et la profondeur de ses chenaux dépendent.

Je m'arrête. J'ai été beaucoup trop long. J'en demande pardon à l'Assemblée et je lui demande surtout pardon du décousu d'un exposé mal préparé. — Enfin, quant à M. de Coene, je ne crois pas avoir à m'excuser d'avoir exposé les dissidences qui nous séparent, avec la liberté et le sentiment des convenances qui doivent toujours régner dans notre institution. *(Applaudissements.)*

M. LE PRÉSIDENT. — Je remercie M. Vauthier, comme vous l'avez remercié vous-mêmes, Messieurs. Il n'y a rien à regretter dans les divergences d'opinion qu'il a émises : c'est un éclaircissement utile sur la question.

L'heure avancée ne nous permettra pas de donner aujourd'hui la parole à M. Le Brun, et je vous propose de remettre la discussion au commencement de la prochaine séance.

MM. Alexandre, Fougère, Payet et Wolff ont été reçus membres de la Société.

La séance est levée à onze heures un quart.

CONFÉRENCE

SUR LE

NOUVEL HOTEL DES POSTES

PAR M. GUADET

ARCHITECTE DU GOUVERNEMENT

Messieurs,

En me rendant à la flatteuse invitation de votre honorable Président, en venant vous parler du nouvel Hôtel des Postes, je m'acquitte d'une dette véritable. S'il m'a été possible, en effet, d'élever ce monument dans des conditions qu'on n'eût pas affrontées, il y a peu d'années encore, c'est qu'aujourd'hui la construction est servie par une science sûre, c'est que l'architecte trouve pour collaborateurs, non plus seulement des exécutants comme autrefois, mais des savants qui lui apportent le concours de leur expérience et de leur honorabilité. Nous avons, nous autres architectes, trop de questions à embrasser, trop de direction d'ensemble à assurer dans un édifice de cette importance, pour n'être pas obligés de demander une large part d'efforts et de coopération à nos collaborateurs ; et je n'imagine pas l'anxiété d'un architecte qui, dans ma situation, serait assez mal servi par les circonstances, pour n'avoir pas le droit de se reposer avec confiance sur l'habileté et le dévouement des hommes qui travaillent avec lui.

Je n'ai pas à me plaindre à cet égard : une bonne fortune dans les adjudications lorsqu'elles s'imposaient, la clairvoyance de l'administration des Bâtiments civils lorsque la nature des travaux nécessitait le mode de la soumission, m'ont entouré de constructeurs d'élite, et, c'est parmi vous surtout, Messieurs, que se sont recrutés ces collaborateurs indispensables de l'architecte dans une œuvre où le rôle des spécialistes est si important.

C'est ainsi que l'adjudication m'a donné MM. Baudet et Donon pour la construction métallique : à cette dangereuse loterie, n'était-ce pas gagner un gros lot? C'est ainsi que par voie de soumissions, là où je pouvais avoir l'initiative d'une proposition, le ministère m'a accordé MM. Geneste et Herscher pour le chauffage et la ventilation, M. Delano pour les dallages en asphalte, M. Dru pour les forages, MM. Lepaute pour l'horlogerie, MM. Baudet et Donon pour les installations métalliques, MM. Sautter et Lemonnier pour les menus appareils de levage et de descente, MM. Belleville pour les générateurs à vapeur, MM. Bonnet, Renaux et Bonpain pour les monte-charges et machines motrices. Vraiment, on se contenterait à moins.

Certes, j'ai eu d'autres collaborateurs encore, et je ne les oublie pas; j'étais entouré aussi d'architectes qui m'ont constitué un état-major de premier ordre, des fonctionnaires de la Poste dont les avis m'ont été nécessaires et précieux ; d'autres entrepreneurs méritent que je rende pleinement hommage à leur savoir et à leur conscience ; mais plus qu'ailleurs la partie scientifique de la construction jouait un rôle prépondérant au nouvel Hôtel des Postes, et c'est là votre domaine.

L'œuvre était lourde, croyez-le bien ; l'architecte n'est pas un homme universel, il le sera de moins en moins à mesure que les programmes deviendront plus variés, plus complexes, et que la masse de l'ingéniosité dépensée aura pour conséquence inévitable l'accroissement des exigences et la prétérition des difficultés. L'architecte a une mission que je ne rabaisse certes pas, elle est immense, puisqu'il est à lui seul l'unité et la coordination de tout ce qui dans l'édifice est fait pàr tous, que seul il a la charge de mettre en œuvre au profit d'un ensemble unique, les travaux spéciaux et l'expérience de chacun. Mais à côté de cette haute directisn et de cette unité de vues, il faut pour la construction des

hommes profondément instruits dans chacune des industries dont le concours est indispensable pour l'œuvre de tous. Je le dis bien haut, je suis moins maçon que mon maçon, moins menuisier que mon menuisier; à plus forte raison suis-je moins ingénieur que les ingénieurs qui m'ont fait l'honneur de travailler sous ma direction. A chacun ses études, à chacun sa voie ; loin d'être des rivaux, nous nous complétons, nous sommes nécessaires les uns aux autres : permettez à un professeur de l'École des Beaux-Arts de rendre ce témoignage à vos études, à l'enseignement que vous avez reçu, à l'enseignement que donnent plusieurs d'entre vous.

Vous me laisserez donc me féliciter d'avoir disposé de tels auxiliaires ; mais vous me dispenserez de vous remercier. C'est en effet votre faute, Messieurs, et non la mienne, si, lorsqu'on cherchait tout simplement les plus dignes et les plus capables, sans aucune autre préoccupation, un hasard — que je ne dirai pas inattendu — a voulu que ce fût parmi vous qu'on les rencontrât.

II

Comme il arrive souvent, ce n'est pas le chemin le plus court qui nous a conduit à la reconstruction de l'Hôtel des Postes. Depuis bien longtemps cependant, cette reconstruction s'imposait de plus en plus impérieuse — le contenant éclatait de toutes parts débordé par le contenu, et ce n'était qu'à force d'expédients, et grâce à l'identification absolue d'un personnel très expérimenté, avec un vieux local utilisé dans ses moindres recoins, qu'on a pu jusqu'à la fin assurer le service de la Poste dans l'Hôtel de la rue J.-J.-Rousseau. Cela était évidemment impossible, et pourtant cela se faisait encore : vrai miracle quotidien tout à l'honneur du personnel de la Poste, le plus laborieux qu'il y ait dans les administrations publiques.

A diverses époques, des projets avaient été faits, tantôt pour un agrandissement sur place, tantôt pour l'emplacement aujourd'hui occupé par le théâtre du Châtelet et ses abords, tantôt pour celui de l'Assomption avec les bâtiments domaniaux adjacents. Mais, soit qu'on manquât d'argent, soit que ces diverses solutions fussent jugées défectueuses, soit plutôt qu'on n'eût pas encore trouvé cette

condition nécessaire des entreprises hardies et faites pour effrayer, — je veux dire un homme sachant vouloir d'abord, et sachant ensuite supprimer les obstacles par sa persévérance dans une volonté réfléchie — l'homme en un mot de la situation, toutes ces tentatives restèrent stériles, tout fut ajourné comme on ajourne de jour en jour tant de choses cependant urgentes ; pour que la Poste fût enfin reconstruite, il fallait celui que vous avez tous déjà nommé, M. Cochery : M. Cochery à qui je suis d'autant plus à l'aise pour rendre cet hommage, que je ne puis être aujourd'hui suspect d'adresser une flatterie à un ministre au pouvoir.

Mais déjà, avant la réunion, qui date de lui, des Postes et des Télégraphes, un projet m'avait été demandé en vue de la translation des Télégraphes au Palais d'Orsay. C'était en 1877, et déjà on trouvait que ces ruines attristaient depuis bien longtemps l'aspect de Paris; les Télégraphes étaient très à l'étroit dans leur ancien local, et le Palais d'Orsay se prêtait parfaitement à une installation de ce genre, sans qu'on eût pour cela à remanier profondément tout le réseau de la télégraphie de Paris, considération essentielle. J'avais fait un avant-projet et des devis, lorsque M. Cochery, appelé au sous-secrétariat des finances, groupa en un seul faisceau les Postes et les Télégraphes.

Le programme devint alors plus complexe ; on étudia la possibilité de concentrer au Palais d'Orsay le sous-secrétariat d'État et les Télégraphes, et en même temps on reprit l'étude d'une reconstruction de la Poste. Seulement dès lors, les services purement administratifs de la Poste venant se rattacher au Sous-Secrétariat d'État, il ne fallait plus pour la Poste nouvelle que des services actifs — une usine comme l'a justement dit un des ministres d'alors. On pensa un instant à l'emplacement de la caserne d'Orsay, et aussi à l'emplacement actuel.

Il fut donc décidé que mes études devaient porter sur l'emplacement actuel, dégagé par l'ouverture des rues du Louvre et aux Ours — aujourd'hui rue Étienne-Marcel.

Mais une question bien épineuse se posait : pouvait-on reconstruire sur place en maintenant les services, et en les déplaçant successivement, comme on a pu faire pour le Palais de Justice, la Bibliothèque et d'autres monuments, comme on fait en ce moment pour la Sorbonne? Il fut bien vite reconnu que non, et aujourd'hui

je suis mieux encore en mesure de dire que c'était absolument impossible. Et alors, tandis que mes projets pour le nouvel Hôtel s'étudiaient et passaient par toutes les phases inévitables de la gestation d'une grande construction, on décida que des baraquements provisoires seraient élevés sur la place du Carrousel, pour donner un asile à la Poste pendant sa reconstruction. Aussitôt donc qu'un traité eût été passé entre l'État et la Ville relativement aux opérations de voirie et d'expropriation, et qu'une loi eût été votée ouvrant au ministre des travaux publics un crédit de 16,800,000 francs pour l'ensemble de la dépense, j'eus à construire les baraquements du Carrousel dans des conditions de rapidité extrêmes ; et enfin, dans la nuit du 8 au 9 août 1880, entre huit heures du soir et quatre heures du matin, je dus faire le déménagement complet de toute cette administration avec tout son outillage : vraie bataille à livrer, non sans appréhensions. Chacun fit son devoir avec dévouement, et au matin personne, ni à Paris ni ailleurs, ne put s'apercevoir à un quart d'heure de retard dans la réception de sa correspondance, qu'un changement à vue venait de prendre ici toute la Poste pour la replacer là.

Je ne vous entretiendrai pas de ces baraquements du Carrousel : ils ont permis d'assurer convenablement le service de la Poste, c'est tout ce qu'on pouvait leur demander. Ils se rattachent pourtant à cette étude en ce qu'ils m'ont permis un *experimentum in anima vili.*

Quelle bonne aubaine pour l'architecte, s'il pouvait, poussant plus loin l'analogie, construire une première fois dans un terrain vague le monument dont il est chargé, et se soustraire ainsi à cette condition terrible de notre art, que toute erreur commise ne puisse laisser que des regrets irréparables !

La Poste une fois déplacée, après quelques retards dans les expropriations, quelques délais pour le déplacement de divisions administratives qui attendaient leur transfert à la rue de Grenelle, la nouvelle construction fut enfin commencée le 20 décembre 1880 et s'achève en ce moment.

C'est la direction des Bâtiments civils et Palais nationaux, dépendant aujourd'hui du ministère de l'Instruction publique et des Beaux-Arts, qui est chargée d'assurer l'exécution du travail, et qui bientôt pourra livrer le monument construit et entièrement installé et ou-

tillé au ministère des Postes et des Télégraphes, avec qui son accord n'a jamais cessé d'être complet. J'ai l'espérance que le crédit voté ne sera pas dépassé : dix millions et demi environ, représentant la part de ce crédit affecté aux constructions, auront donc assuré l'exécution des baraquements du Carrousel, le pavage d'une partie de la cour des Tuileries, les installations provisoires au Carrousel et rue J.-J.-Rousseau, enfin la construction et l'aménagement total du nouvel Hôtel des Postes, y compris un outillage modèle. Ce n'est qu'une faible partie du bénéfice annuel que la Poste procure à l'État.

Ce rapide historique de l'affaire n'était pas inutile pour vous faire voir ses difficultés et ses conditions d'exécution. Laissons maintenant tout ce passé, et ne parlons plus que de la construction nouvelle.

III

Je vous ai dit, Messieurs, que de puissantes considérations ont fait choisir l'emplacement actuel.

C'est à peu de chose près, en effet, le centre de gravité de Paris, les distances aux gares sont réparties d'nne façon presque égale, le commerce et en particulier l'industrie des journaux ont leur centre à proximité. Tout cela, c'est de la facilité pour l'administration et le public, mais surtout et avant tout, c'est du temps gagné. Or, le temps, c'est le dieu, ou si vous aimez mieux, c'est le cauchemar permanent à la Poste; et partout, en tout et toujours la première consigne y est : gagner du temps avant tout. La Poste, c'est la fébrilité permanente, je dirai presque l'épilepsie par moments : parfois rue J.-J.-Rousseau quand un cheval tombait dans un passage on ne le relevait pas, on attelait d'autres chevaux pour le traîner là où il ne retardera rien, tant mieux s'il peut encore se relever : la guerre au temps, cet ennemi éternel et inflexible, qu'il faut vaincre à tout instant !

Mais cet emplacement a d'autre part un grave inconvénient : la cherté excessive du terrain dans ce quartier. Aussi ne me fut-il pas permis de disposer pour mes plans de tout l'espace qui devait rester libre ; au contraire je fus invité expressément à restreindre

autant que possible l'espace à occuper, afin de restreindre du même coup la dépense tout en prévoyant largement les extensions à venir du service. Le problème ne laissait pas que d'être ardu, car c'est à peine si le terrain actuel surpasse en étendue celui de l'ancienne Poste si insuffisante, Je vous montrerai tout à l'heure comment par la superposition des surfaces j'ai pu arriver à une véritable multiplication du terrain.

Je n'ai jamais eu d'ailleurs entre les mains de programme proprement dit. Rien n'est plus rare qu'un programme, par une excellente raison, c'est qu'on ne pourrait vraiment le bien faire qu'après une étude complète de ce que comportent les besoins à satisfaire dans les limites de ce que permettent les emplacements, c'est-à-dire après des études sérieuses de plans — *a posteriori* et non *a priori*. Je crois même, quant à moi, que les programmes préconçus; tels qu'on est bien obligé d'en rédiger pour les concours, risquent fort de devenir une entrave et une cause de stérilisation des efforts ultérieurs, à moins que comme cela arrive ordinairement, on prenne le sage parti de les laisser de côté et de les oublier à jamais dans les profondeurs d'un carton d'archives.

Aussi, lorsque je préparais mes études, l'un des administrateurs de la Poste, très avisé, me disait-il : « Je ne connais pas de programme d'un Hôtel des Postes, et je ne vois ni qui pourrait le faire ni comment on le pourrait ; mais venez souvent et longtemps parmi nous, assistez à toutes nos opérations, à tous nos embarras, étudiez nos besoins, nos manœuvres et nos misères, pour cela toutes facilités vous seront données ; et quand vous serez à peu près aussi postier que moi, comme de plus vous êtes architecte, vous pourrez vous faire un programme — mais alors, vous n'en aurez plus besoin. »

Et non seulement je visitai ainsi la Poste assidûment, mais j'allai en mission du gouvernement étudier les installations postales de Londres, de Cologne, Berlin, Stettin et Brême. J'en rapportai des notes, des croquis, mais en somme bien peu de bagage utile. Ou plutôt, si, j'en rapportai une force précieuse : la conviction que là comme en beaucoup de choses, si nous somme portés à nous figurer volontiers que l'étranger nous devance, nous pouvons sans trembler aller prendre la mesure de ces lointaines merveilles ; je rentrai heureux de n'avoir rien vu qui fût au-dessus de nos forces,

au contraire ; heureux, très heureux d'avoir constaté que ces établissements rivaux n'étaient pas faits pour inquiéter sur le compte de celui que la France allait créer !

En réalité, l'édifice que j'avais à projeter devait être une chose toute nouvelle, aucun précédent ne pouvait me guider, si ce n'est pour quelques détails.

Or, théoriquement, la condition primordiale d'un Hôtel des Postes est bien certainement celle-ci : constituer des espaces aussi vastes que possible qui, dans les meilleures conditions d'accès, d'éclairage, d'hygiène et de confortable compatible avec la nature du travail à faire, puisse se prêter à des modifications peut-être fréquentes, peut-être profondes de l'installation première. Ainsi le système général du fonctionnement de la Poste, par les progrès de ses relations avec les chemins de fer, les paquebots, peut-être un jour le Métropolitain, etc., réagit sur l'outillage de la Poste centrale, et l'outillage est le point de départ de l'installation. Il faut donc que le détail des installations soit toujours modifiable, et par suite il faut avoir le moins possible de murs ou de points d'appui, mais de grandes surfaces libres, une grande élasticité des dispositions. C'est ainsi qu'un fonctionnaire de la Poste me disait un jour : « Qu'on me donne un nombre suffisant de pavillons des Halles centrales. et je me chargerai d'y faire très bien la Poste. »

Oui, mais cette conception générale fort simple d'un Hôtel des Postes est grosse de difficultés pratiques, si l'on veut bien admettre que le terrain n'est pas une marchandise dont on puisse disposer à discrétion.

J'ai rencontré dès l'abord une idée qui avait toute la puissance d'une tradition indiscutée, c'est qu'un Hôtel des Postes idéal doit avoir toutes ses parties de plain-pied. C'est en effet ce que j'ai pu réaliser au Carrousel, sur un terrain disponible, presque illimité, et alors qu'il ne s'agissait que de loger provisoirement des services auxquels on ne donnait pas d'extension. Mais aujourd'ui qu'il s'agit d'un édifice où les surfaces utiles doivent dépasser 20,000 mètres superficiels, il faudrait donc, au cœur de Paris, un édifice qui avec les cours, les surfaces des murs, des dégagements inévitables aurait exigé au moins 30,000 mètres — trois hectares — de terrain. A 2,000 francs le mètre cela faisait déjà 60 millions pour le terrain seul, en supposant même que les expropriations n'eussent pas élevé

ce prix ; on aurait dépensé encore au moins 15 millions en constructions et aménagements, soit au bas mot 75 millions pour le tout. Faire du *plain-pied* une condition absolue, c'était donc dire qu'on ne ferait rien, car c'était s'attacher à l'irréalisable.

J'ajouterai que, au delà d'une certaine mesure, le *plain-pied* devient un obstacle à la rapidité des expéditions ; tous les services ont entre eux des points de contact, et si les distances se mesurent par des centaines de mètres, il n'y a plus ni célérité ni surveillance efficace.

C'est ici, Messieurs, que j'ai surtout compté sur vous.

Je n'ai pas craint d'affirmer que la science aujourd'hui possédait des ressources capables de triompher des difficultés inhérentes à la superposition des services, en permettant les vastes espaces libres dont je parlais tout à l'heure, et en assurant des communications verticales nombreuses, rapides, sûres. Les progrès de la construction moderne et spécialement de la construction métallique, les ressources presque infinies de la machinerie et de la mécanique, voilà les deux puissants moyens en qui j'ai eu foi, avant même de préjuger les solutions, tellement j'étais certain d'en rencontrer. Et j'ai eu la satisfaction profonde de voir les ministres que la question concernait, M. Cochery et M. Sadi-Carnot, alors sous-secrétaire d'État puis ministre aux Travaux publics, partager cette confiance, et reconnaître comme moi que l'Hôtel des Postes était un édifice dont les dispositions devait être cherchées dans un très large emploi des moyens puissants qu'a créés la science moderne.

Ainsi orienté, quant à l'esprit général de la composition, j'ai demandé la solution des communications verticales à de puissants monte-charges, ou plutôt à des machines élévatoires d'un débit rapide et considérable, et qui n'ont pas encore leurs analogues ; et pour assurer aux divers étages les vastes espaces nécessaires, comme il faut au rez-de-chaussée des cours — le mot n'est pas juste ici, mais je l'emploie à défaut d'un autre — des cours, dis-je, où puissent s'effectuer de nombreux mouvements de voitures ; ne voulant pas d'ailleurs priver les étages supérieurs de toute cette surface, j'ai pris le parti qui n'était peut-être pas sans hardiesse, de faire effectuer les mouvements de voitures au-dessous des salles même de travail. Ces cours sont vastes ; elles sont, grâce à une architecture très ouverte, claires et aérées, et j'ai pu ainsi réa-

liser une multiplication réelle de mon terrain. Il est même assez curieux de voir un édifice où les voitures circulent si activement, et où sur 7,500 mètres environ de surface, il y a à peine 75 mètres — 1 0/0 — où la pluie puisse mouiller le sol du rez-de-chaussée (voir pl. 116, plan du rez-de-chaussée).

IV

Mais avant d'entrer dans le détail, il faut que je vous dise brièvement ce qu'on fait à la Poste. Cela d'ailleurs vous intéressera, je pense, et n'est pas très connu.

Voyons donc d'abord comment vous expédiez une lettre, qui si promptement arrive à son destinataire.

Que cette lettre ait été par vous jetée dans une simple boîte ou dans une boîte de bureau, elle est tout d'abord versée au bureau de quartier, sauf celles de ce qu'on appelle le périmètre de la grande Poste, qui sont directement portées à l'Hôtel même, assimilé en cela à un bureau de quartier. Au bureau, on timbre les lettres, on avance dans la mesure du possible le travail de classement, en tous cas les lettres sont de là portées à la grande Poste, au moyen des *tilburys*, dans des sacs scellés, répartis en « *Paris*, *Départements*, *Étranger*. »

Les tilburys livrent ces sacs au service du *Transbordement*, centre actif de l'exploitation postale, lequel tient la comptabilité des arrivées, constate les retards, et livre la correspondance, — toujours en sacs — aux services qui doivent la manipuler ; si votre lettre est pour Paris, elle ira au service de la *Distribution* (sous-entendu pour Paris), si elle est pour les départements ou l'étranger, elle ira au *Départ*.

Destinée à Paris, elle passe d'abord, dans le service de la *distribution* par l'*ouverture*, puis par le *rayon central*. Là, voici ce qui se fait :

Des employés, très au courant de la topographie postale de Paris, prennent un certain nombre de lettres, et d'après l'adresse les classent par *rayons*, c'est-à-dire par subdivisions postales de Paris. Il y a onze rayons, sortes de secteurs, puis les *annexes*, correspon-

dant aux anciennes banlieues, les correspondances pour les *annexes* subissant un relais à l'extrémité des *rayons*.

Ainsi une lettre adressée par exemple à votre hôtel, cité Rougemont, sera mise non dans une case de ce nom, mais dans la case troisième rayon, c'est aux agents à posséder cette géographie spéciale, sans erreurs.

Chacun a donc devant lui un casier de tri. Des ramasseurs passent par derrière, et prennent dans chaque tri ce qui est seulement pour un même rayon ; ainsi tout le troisième rayon est ramassé dans une même corbeille, et de là porté à une table d'où l'on sonne le chef de ce rayon. Celui-ci vient chercher la corbeille et la distribue aux facteurs de son rayon — les mêmes qui tout à l'heure feront la distribution à domicile.

Les facteurs de chaque rayon disposent aussi de casiers de tri, où ils subdivisent la correspondance du rayon par quartiers postaux, c'est-à-dire par périmètres de chacun d'eux. Les facteurs doivent donc connaître en détail non pas tout Paris comme les agents du rayon central, mais leur rayon propre. Ce tri fait, chacun d'eux ramasse dans son casier et dans ceux de ses camarades ce qui est en particulier pour lui, puis sur une table divisée par cases, il classe ses lettres en ordre suivant son itinéraire ; cela fait, il les met dans sa boîte dans l'ordre même où il les distribuera, et le voilà prêt à repartir dans son omnibus qui l'attend tout attelé.

Les lettres chargées ou recommandées subissent le même travail, mais dans des bureaux grillagés.

Par une manipulation analogue, les lettres pour les annexes sont orientées sur leur destination.

Enfin, le même travail se fait pour les imprimés, le service étant dédoublé entre les facteurs des lettres et les facteurs d'imprimés.

Ainsi, pour Paris, la marchandise postale arrive en sacs, elle est répartie finalement entre les facteurs, et emportée par eux en détail.

Si votre lettre est adressée en province, elle arrive toujours en sac au transbordement, mais dans un sac étiqueté *Départements*. Le transbordement adresse ce sac au *Départ*. Là, ouverture et timbrage ; puis selon les cas votre lettre est dirigée sur la division *Lettres* ou sur la division *Banlieue*.

Aux *Lettres* va tout ce qui doit faire l'objet d'un travail dans les

ambulants, et là il se fait aussi un tri non par ville mais par direction d'ambulant. Ainsi les agents trouvant par exemple votre lettre, adressée à Avignon, la mettront dans la case *Marseille* ou *Menton*. Il y a trente *ambulants*.

A la *Banlieue* vont les lettres adressées soit à des localités trop voisines de Paris pour qu'on ait le temps de les classer dans l'*ambulant*, et de là le nom de *Banlieue* ; soit, par extension, les lettres destinées à des villes dont le trafic postal est assez considérable pour mériter un sac fermé, qui ne sera ouvert qu'à destination. En d'autres termes, les *Lettres* préparent des sacs qui seront ouverts en route dans les *ambulants*, tandis que la *Banlieue* prépare les sacs dits *Dépêches closes*, qui ne seront pas ouverts en route, et seront transportés dans de simples allonges des ambulants. C'est ainsi que la *Banlieue* expédie des sacs pour Marseille par exemple.

Ici comme là, une fois le tri fait, on ramasse comme j'ai dit plus haut, et les lettres sont portées par groupes correspondant aux ambulants pour les *Lettres*, aux bureaux destinataires pour la *Banlieue*, sur des tables dites de *Routes*, où on revise le travail, après quoi on fait des paquets ficelés, puis on ferme et on cachète les sacs, qui sont enfin livrés au transbordement, lequel, après une nouvelle comptabilité afférente au départ, les livre aux fourgons qui les porteront aux gares.

Le travail pour l'*Étranger* est analogue, ainsi que celui pour les *Journaux*.

Ainsi dans chaque section les lettres suivent cette même série de manipulation : ouverture, tri, transport aux routes, revision, mise en sacs, fermeture et cachetage, livraison au transbordement.

Ici encore les correspondances en chargement se manipulent dans des bureaux grillés.

De tout cela, je vous expose seulement les grands traits, nécessaires pour comprendre la disposition des plans.

S'agit-il au contraire d'une lettre que vous deviez recevoir ? Elle sera apportée comme je viens de le dire au transbordement, envoyée de là à la *Distribution*, puisqu'elle est pour Paris, et elle passera par les mêmes manipulations que je vous ai déjà décrites pour arriver finalement dans la boîte de votre facteur.

Vous le voyez, le système de la Poste à Paris est la centralisation complète à l'Hôtel des Postes. Il n'en est pas de même à

Londres, la seule ville qui soit au moins comparable à Paris pour l'importance du trafic postal.

Vous avez tous écrit à quelque correspondant à Londres, et sur l'adresse, outre le nom, la rue, le numéro, vous mettez des initiales, S.-E. par exemple. Cela veut dire que votre correspondant habite le district postal Sud-Est de Londres, et dès lors voici la différence.

Votre lettre, au lieu d'être placée dans un sac *Londres* comme pour nous dans un sac *Paris*, est placée dans un sac *Londres S.-E.* A la gare d'arrivée, un fourgon la porte directement au grand bureau : *Londres Sud-Est*, où le travail se limite à la distribution pour une partie seulement de la ville.

A Londres donc, il y a en réalité six ou huit Hôtels des Postes, dont un principal, et Londres pour la Poste forme plusieurs villes distinctes. A ce système on gagne plus de rapidité dans les manœuvres, et une, si ce n'est deux distributions de plus par jour. Par contre, les erreurs de direction sont plus fréquentes.

Chaque système a ses avantages et ses partisans, en tous cas le nouvel Hôtel des Postes de Paris est fait en vue du système français de la centralisation.

Et ici permettez-moi une parenthèse : j'entends parfois dire que l'Hôtel des Postes deviendra rapidement trop petit ; je ne le pense pas. Ce que je crois plutôt, c'est que tôt ou tard, bientôt peut-être, la multiplication des correspondances, l'extension de la ville, imposeront la décentralisation postale, et qu'il faudra créer un certain nombre d'Hôtels des Postes dans des situations excentriques. La force des choses y conduira, je le crois, et l'on s'étonnera peut-être que la condamnation du vieil Hôtel des Postes n'ait pas été le signal de cette transformation tôt ou tard nécessaire.

V

Il vous sera facile à présent de saisir les grandes divisions de l'Hôtel des Postes :

1° Un grand bureau de Poste, ouvert au public, analogue, sauf dimensions et aussi sauf travaux spéciaux que j'indiquerai plus loin, aux bureaux de quartier ;

2° Les parties interdites au public, réservées à la manipulation et au transit, et comprenant :

— Le transbordement avec ses cours de l'arrivée et du départ;

— Le service de la *Distribution* pour Paris, lettres et imprimés;

— Le service du Départ, subdivisé en *Lettres*, *Banlieue*, *Étranger et Colonies*, *Journaux*.

A cela il faut ajouter :

La Direction de la Seine;

Les Bureaux de la Recette principale et de la Caisse;

Le Bureau des Rebuts et Réclamations;

Le service des contreseings (correspondances en franchise des Ministères);

Enfin, on a placé, dans le nouvel Hôtel, des services qui ne s'y rattachent pas obligatoirement :

— Un dépôt considérable de matériel;

— Un atelier de force motrice et de machines et des réservoirs d'air pour le service des tubes pneumatiques;

— Quelques appartements.

Tout cela, vous le voyez, est spécial au département de la Seine, il n'y a rien à prévoir en fait de services administratifs généraux, et encore moins de salons de réception, hôtel de ministre, etc. Et plût à Dieu qu'on l'ait su dans le public, cela m'aurait épargné bien des visites de décorateurs, tapissiers et autres.

Permettez-moi maintenant de vous piloter dans mes plans. Tout d'abord, j'ai orienté la partie publique vers la rue du Louvre, en façade principale, laissant ainsi pour les accès de voitures les rues latérales où j'ai de plus longues façades. Le projet se divise donc en deux parties, l'une publique avec entrée par la rue du Louvre, et l'autre non publique avec des entrées et sorties sur les trois rues Étienne-Marcel, J.-J.-Rousseau et Gutenberg. La rue J.-J.-Rousseau est ainsi devenue rue postérieure, ce qui, paraît-il, a fort indisposé contre moi de braves gens que je regrette bien d'avoir ainsi contristés.

Examinons d'abord la partie publique (voir pl. 116, plan du rez-de-chaussée.

Sur la rue du Louvre est pratiqué un vaste portique d'abri, voûté en pierre, élevé de trois marches seulement, et qui doit rester

ouvert jour et nuit. C'est que, outre qu'il sert de péristyle au monument, il abrite les boîtes aux lettres et aux imprimés, qui doivent être accessibles à toute heure. On y trouve aussi les entrées du grand bureau, et deux bureaux ou boutiques où se vendront les timbres, cartes postales, enveloppes timbrées, etc., etc. Les entrées du bureau sont vis-à-vis la rue ; à gauche, ce même péristyle donne accès à la loge de concierge, et de là par l'escalier principal le public pourra aller aux bureaux de la Direction, de la Recette principale et des Rebuts, répartis dans les étages du bâtiment en façade sur la rue du Louvre.

L'extrémité de droite donne accès à une salle de cabines téléphoniques, et à une autre salle — création nouvelle — des réclamations et renseignements, affectée aussi à la correspondance, car des tables pourront y recevoir les personnes pressées de répondre à une lettre reçue, moyennant je pense, une légère rétribution.

En entrant, en face de vous, vous trouverez le grand bureau de Poste ou salle du public, la seule qui ait reçu un peu de décoration. Quarante-huit mètres de guichets y font face au public, pour les divers services d'affranchissements, chargements, mandats, caisse d'épargne, télégraphe. Mais quand je dis *guichets*, j'emploie un mot impropre. Au contraire il n'y aura pas de guichets, mais un simple comptoir. Cela sera-t-il universellement approuvé ? Hélas non : dans tout service administratif il y a, vous le savez, deux familles d'intérêts sinon contraires, au moins bien différents : l'intérêt du public et celui des employés. M. Cochery était résolument pour le public ; nous qui sommes public, sachons-lui en gré ; d'ailleurs je crois que le guichet, plus il est grillagé, opaque, d'ouverture grincheuse, rend hargneux en avant comme en arrière ; lorsqu'on se voit au contraire à visage découvert, lorsqu'on s'adresse à quelqu'un, parlant à sa personne et non à un créneau, on devient presque forcément poli : la suppression du guichet adoucit les mœurs !

Cette salle profite de la face postérieure des boîtes aux lettres et imprimés ; de grandes inscriptions y renseignent le public sur les taxes, les heures, les contraventions, les services qu'il peut demander à la Poste, etc. De là enfin, on passe à la salle de la Poste restante, sur la rue Gutenberg, également dépourvue de guichets, mais pourvue d'un grand nombre de boîtes particulières pour les

abonnés, boîtes fermant avec des clefs toutes variées de façon à ce que chaque abonné puisse venir à sa convenance vider sa case quand bon lui semble. C'est une pratique nouvelle à Paris, mais qui existe à l'étranger et dans certaines villes de France.

Naturellement la Poste restante a une autre entrée, sur la rue Gutenberg. Il faut, paraît-il, deux issues à ce service : il serait trop long de vous expliquer pourquoi; mais en cherchant dans vos souvenirs vous y trouverez bien quelques chapitres de romans, conjugaux ou à peu près, qui me dispenseront de plus amples détails. Encore n'a-t-on pu empêcher la Poste restante de mériter, dans l'argot de la Poste, le surnom caractéristique de *Salle des gifles*.

Ainsi, le public — vous et moi — n'aura affaire que dans la partie tout à fait antérieure du rez-de-chaussée; de l'autre côté des comptoirs seront les employés.

Mais il y a encore une autre catégorie de public, très nombreuse, trop pittoresque, et spéciale à la grande Poste : ce sont les porteurs de tout ce qu'on appelle les *Périodiques*, c'est-à-dire les journaux, revues, brochures, prospectus, tout ce qui est apporté par ballots, au moyen de voitures, tapissières, charrettes à bras, crochets. Ils apportent chaque jour des centaines de mille imprimés, surtout vers 4 heures du matin et 5 heures du soir. Aucun de ces deux publics ne se réjouirait d'une promiscuité trop égalitaire; aussi la réception des *Périodiques* se fera-t-elle à l'opposé de celle des correspondances isolées. Le service des employés est ainsi au milieu de deux lignes parallèles des comptoirs de réception.

Pour cela, j'ai disposé une cour spéciale dite des Périodiques, — cour d'ailleurs recouverte par des salles de travail, — dans laquelle les voitures entreront par la rue Étienne-Marcel et d'où elles sortiront par la rue Gutenberg, sans qu'il y ait jamais croisement.

Les porteurs amènent leurs voitures contre le trottoir ou quai de la réception, livrent leur marchandise, passent à la caisse, puis repartent avec leur voiture par la porte opposée.

Est-il besoin de dire que cette réception des périodiques est un service colossal? Les imprimés reçus au comptoir, et comptés, seront déposés par espèces dans des récipients métalliques avec contrepoids qui les descendent au sous-sol. On vous parlera en détail de ces engins, dus comme presque toute la machinerie manuelle de la Poste à MM. Sautter et Lemonnier. Grâce à cet outillage, les

paquets se trouvent transportés au sous-sol dans l'ordre exact où le rez-de-chaussée les a déposés. Puis en sous-sol (voir pl. 116, plan du sous-sol), dans de très vastes salles éclairées par un plafond vitré au-dessus d'une large trémie disposée au centre de cette partie du rez-de-chaussée, les imprimés sont répartis entre une foule de timbreurs, et la marchandise une fois timbrée remplit continuellement des corbeilles roulantes qu'il faut envoyer soit à la *Distribution* pour Paris, soit au *Départ* pour les Départements et l'Étranger. Je vous dirai tout à l'heure comment j'ai conçu ce mode d'envoi, — véritable clef de toute l'organisation, — et M. A Bonnet vous dira comment il l'a assuré.

Si je néglige les services, d'ailleurs importants, des contreseings, de la comptabilité, de la Poste militaire, etc., voilà en somme la partie publique de la Poste : réception des correspondances isolées, service d'un grand bureau de Poste et Poste restante d'une part; réception des Périodiques de l'autre; entre les deux, timbrage des Périodiques et envoi aux services de transit.

Au delà de la cour des périodiques, une grille divise le bâtiment en deux sur toute sa largeur; c'est que au delà commence la partie de la Poste interdite au public.

Au centre de cette seconde partie est le *Transbordement*, qui, vous l'avez vu, est le cœur même de la Poste (voir pl. 116, plan du rez-de-chaussée.

Le transbordement, subdivisé lui-même en arrivée et départ, est proprement le commerce de gros; il ne reçoit et ne livre que des sacs fermés, et un employé du transbordement, eût-il trente ans de service, pourrait n'avoir jamais touché une lettre de sa vie. C'est contre le transbordement que viennent s'acculer les voitures de poste à l'arrivée d'abord, au départ ensuite et ce mouvement de voitures est énorme à certaines heures; voici comment je l'ai assuré :

Le transbordement est entre deux cours, — toujours sous les salles : — la cour de l'arrivée, du côté de la rue Gutenberg; la cour du départ, vers la rue Étienne-Marcel. Toutes les voitures de la Poste, omnibus, fourgons ou tilburys, entrent par la rue Jean-Jacques-Rousseau dans la cour de l'arrivée; les fourgons et les tilburys, chargés de dépêches, s'arrêtent au quai de l'arrivée, puis une fois déchargés contournent le Transbordement par un passage qui longe la cour des Périodiques et vont prendre leur place respective le

long du quai de départ, pour de là, une fois rechargés, sortir par la porte de la cour du départ sur la rue Jean-Jacques-Rousseau. C'est, vous le voyez, un mouvement demi-circulaire toujours dans le même sens.

Les omnibus entrent de même, mais vont se remiser tout attelés dans des stalles de remisage déterminées par des bandes de granit, ceux des facteurs d'imprimés contre la rue Gutenberg, ceux des facteurs de lettres contre la rue Étienne-Marcel. Les uns et les autres suivent le même itinéraire demi-circulaire : entrée rue Jean-Jacques-Rousseau près de la rue Gutenberg, sortie rue Jean-Jacques-Rousseau près de la rue Étienne-Marcel.

Ainsi, jamais il ne devra y avoir un croisement de voitures dans les cours, et dans les rues même le mouvement des voitures est aussi divisé que possible : les voitures de la Poste, seules, entreront et sortiront par la rue Jean-Jacques-Rousseau, les voitures particulières entrant par la rue Étienne-Marcel pour sortir rue Gutemberg, ou réciproquement.

Le sol des cours est en asphalte comprimé.

Les remisages de voitures sont déterminés par des bordures de granit avec des lisses en fer, rigoureusement calculées d'après l'entre-axe des voitures, — entre-axe qui a lui-même déterminé la cote de largeur des travées de l'édifice.

Les roues roulent sur des bandes de granit ; les remisages ont une légère pente dans le sens du recul.

Comme je vous l'ai dit, tout cela se passe sous les salles de travail, et cependant il fallait éviter une forêt de points d'appui. Que fallait-il donc pour cela? presque rien, des planchers d'une portée de 17 mètres. Cela ne m'a jamais effrayé, mais n'importe, je crois bien qu'il y a trente ans on n'aurait pas osé rêver cette condition *sine qua non* de ma conception de la Poste.

Ce service des voitures a comme dépendances directes dans le sous-sol une écurie d'une quarantaine de chevaux — simple écurie de relais — avec sellerie, cour basse pour le pansement, fourrages ; des armoires pour les cochers, etc.

De leurs omnibus, les facteurs se rendent à la *Distribution* qui occupe le premier étage et, leur travail fait, viennent retrouver leurs omnibus qui les attendent tout attelés (voir pl. 117, plan du 1er étage.

Le deuxième étage est consacré au *Départ* (voir pl. 117, plan du 2e étage).

Je ne puis vraiment entrer dans tout le détail de l'agencement de ces deux immenses services : seule une visite sur place pourrait vous les faire comprendre. Je vous dirai donc seulement que le parti pris de la suppression de points d'appui au rez-de-chaussée appelait la répétition de dispositions identiques dans les étages; j'ai donc ainsi des salles extrêmement vastes et aussi peu encombrées que possible de points d'appui. C'était l'essentiel.

Mais il fallait assurer les communications entre ces étages, non seulement pour les personnes, ce qui n'est rien, mais pour les correspondances, ce qui était bien un problème de quelque difficulté.

Si nous revenons en effet au transbordement, que voyons-nous? Qu'il expédie à la *Distribution* et au *Départ*, c'est-à-dire au premier et au deuxième étage, une quantité énorme de sacs de dépêches; puis que, par contre, il reçoit du *Départ* une quantité non moins énorme de sacs destinés aux fourgons qui les porteront aux gares.

Ici encore, des monte-charges analogues à ceux des Périodiques assurent l'ascension; mais malgré leur puissance et leur rapidité, ils ne suffisent pas à la descente, voici pourquoi :

Par le mouvement ascensionnel des monte-charges, on élèvera des corbeilles d'imprimés timbrés des Périodiques aux premier et deuxième étages, et d'autre part des sacs envoyés du transbordement à ces deux mêmes étages. Tous ces envois sont rapides sans doute, mais enfin ils ne sont pas simultanés; les arrivées des voitures sont subordonnées aux heures d'arrivée des trains et aux distances des gares.

Au contraire, lorsque le travail du départ est terminé, surtout pour les courriers dn soir, il faut que la livraison au transbordement soit instantanée. Tous les trains-poste partent presque à la même heure, et c'est surtout le soir que la correspondance abonde. Aussi tous les services livrent à la fois; c'est une vraie avalanche de sacs de dépêches, et il faut, il faut absolument que des centaines de sacs soient en quelques minutes descendus du deuxième étage au rez-de-chaussée. Pour une manœuvre d'une rapidité aussi vertigineuse, il n'y a pas de monte-charges qui puissent suffire.

C'est le moment, je crois, de vous expliquer comment j'ai compris cette question capitale des communications verticales.

Pour les monte-charges, je ne pouvais penser à l'ascenseur ordinaire; j'ai à franchir des distances verticales qui atteignent 25m,80 : s'il fallait attendre qu'un plateau d'ascenseur fût monté, déchargé et redescendu avant de faire un nouvel envoi, à raison même d'une très grande rapidité, il me faudrait compter plusieurs minutes entre deux envois. C'était inadmissible.

Seul le principe de la noria, avec ses passages continuels de véhicules, sa voie montante et sa voie descendante, m'a paru pouvoir offrir une solution parfaite.

Mais quelle noria? Vous allez voir si j'ai dû être exigeant dans le programme! Il faut que les véhicules consistent simplement en plateaux qui viennent affleurer les paliers, pour que les fardeaux y soient mis ou en soient retirés par roulement, et non par soulèvement; il faut que les plateaux ne se retournent pas dans leur translation horizontale de la voie montante à la voie descendante pour qu'un colis oublié ne soit pas exposé à une chute, mais qu'au contraire, dans tous leurs déplacements ils conservent toujours la même position; il faut que le système tout entier ait des intermittences automatiques de marche et d'arrêt pour les chargements et déchargements; il faut que les mises en marche et les arrêts se fassent sans secousse; il faut que les translations horizontales se fassent en contre-bas du sous-sol et en contre-haut du dernier étage, afin que jamais les personnes ne puissent être heurtées par la machine en marche; il faut que les fardeaux, placés dans des corbeilles roulantes, ne puissent jamais se déplacer pendant la marche, et se déplacent sans effort aux arrêts de paliers; il faut que tout cela soit muni de parachutes certains, non seulement à la montée, mais même à la descente; il faut que tout cela soit mathématique et pourtant obéissant.

Je ne veux pas déflorer le plaisir que vous aurez bientôt à constater que ces problèmes sont résolus, au prix d'ingéniosités que vous apprécierez mieux que personne; qu'il me suffise de vous dire que chacun de mes monte-charges, — et nous en avons quatre avec possibilité d'adjonction de deux autres — nous permet un envoi de 200 kil. toutes les 24 secondes, soit 150 fois par heure; nous pou-

vons donc monter par heure 150 × 4, soit 600 envois de 200 kil. ou 120,000 kilog.

Pour la descente des sacs qui exige une vraie pluie torrentielle, je n'ai rien demandé à la mécanique, la pesanteur me suffit trop bien. Mais pour la régler je ne puis avoir ni cordages ni poulies, rien de ce qui serait une lenteur et un embarras.

Il faut qu'avec une rapidité presque égale à celle d'une chute à plomb, on puisse jeter les sacs du deuxième étage au rez-de-chaussée, soit de 15 mètres de hauteur, sans que les correspondances s'écrasent, que les étiquettes des sacs s'arrachent, que les cachets s'en brisent. Question de plans inclinés, penserez-vous. — Mais quelle longueur ne faudrait-il pas à ces plans inclinés? J'ai tourné la difficulté — c'est bien le mot — en contournant mes plans inclinés en héliçoides. Il me fallait au Départ quatre embouchures — lettres, banlieue, étrangers, journaux — correspondant à quatre arrivées au Transbordement. Je les enroule deux par deux, comme l'escalier du passage Radzivill, par une combinaison assez imprévue des propriétés de l'hexagone régulier. Et alors, sept secondes me suffisent pour que mes sacs arrivent doucement au rez-de-chaussée; quant au nombre, ils se suivent sans autre limite que l'activité des agents à enfourner et à défourner, et pour cela deux espaces circulaires de chacun 2 mètres de diamètre me suffisent comme place.

Je ne puis vraiment vous décrire cet étrange appareil, dont l'étude a été des plus laborieuses; des dessins même vous le montreraient imparfaitement; permettez-moi donc de vous soumettre un modèle de sa disposition. Nous l'avons essayé avec cinquante sacs, et il était vraiment curieux de voir ces quatre vomitoires du bas, crachant des sacs de dépêches, passez-moi le mot, comme les wagons de quatre trains qui sortiraient à la fois de quatre tunnels.

VI.

De tout ce qui précède, il résulte que l'utilisation du terrain a dû être poussée aussi loin que possible; et de fait, l'ensemble de tout ce que contient l'édifice est invraisemblable; je n'ai pas vu

un visiteur qui ne fût surpris de voir tant de contenu pour le contenant.

Permettez-moi quelques chiffres à ce sujet.

La surface construite totale est de 7,750^{m2} environ (exactement 7,736^{m2},617).

Les surfaces utiles réalisées atteignent les chiffres suivants :

Parquets divers	19.070^{m2},29
Dallage	222 61
Mosaïque	448 35
Asphalte comprimée	2.864 27
— coulée	2.676 97
Carrelage	573 23
Dallages en ciment	940 67
Pavages	594 38
Pavages en briques	135 68
A compléter encore environ	520 »
Total	28.046^{m2},45

soit 3^{m2},62 de surfaces utiles par mètre carré de construction.

Le tonnage total des constructions métalliques est de . . . . . 4.461.100 k.
comprenant :

Fers de constructions, solives, poutres, portails, etc.		2.371.700 k.
Fontes	colonnes. 943.400 meneaux. 78.000	1.021.400
Pans de fer		255.000
Points d'appui (piliers)		338.000
Combles, faux planchers, plafonds, lanternes		475.000

Ce qui produit par mètre carré de surface totale un poids moyen de 575 k.

Les calorifères ont dû pourvoir au chauffage de 116,706 mètres cubes, au moyen de surfaces de chauffe d'un total de 2,000^{m2},87. Il en résulte que le cube d'air chauffé représente 15 mètres carrés et demi par mètre de surface, ou en d'autres termes que nous chauffons un volume d'air égal à celui que produirait une hauteur uniforme de 15^{m},46 sur la totalité du terrain.

Pour la canalisation d'eau, j'ai employé :

En linéaire de tuyaux de plomb. . . .	5.100	mètres.
— fonte ordinaire	800	
— fonte système Petit . .	2.000	
— cuivre	400	
— fer étiré	120	
Total.	8.420	mètres.

Pour la canalisation du gaz :

En fer étiré.	15.000	mètres.
En plomb.	2.400	
Total.	17.400	mètres.

à peu près la distance de Paris à Versailles.

Les fils de diverses natures pour sonneries électriques atteignent 42,912 mètres.

J'aurai encore quelque chose à ajouter à ces chiffres par suite de divers détails d'installation ; ils sont déjà assez significatifs.

VII

Cette étude serait incomplète si, après vous avoir entretenus de la disposition, je ne vous parlais pas un peu de la construction.

En raison surtout de mes grandes portées de planchers, et par conséquent des poids considérables transmis par les poutres aux points d'appui, j'ai résolument pris le parti de faire en réalité une construction métallique. A partir du niveau du rez-de-chaussée, les points d'appui sont en fonte, et les murs sur cours sont des pans de fer; ces piliers forment avec les poutres et les solivages des planchers et les combles un ensemble solidaire, invariablement assemblé. Les murs en pierre des façades ne portent qu'eux-mêmes et ne sont que des clôtures (sauf bien entendu pour les pavillons).

On s'est parfois étonné de ce parti pris : je le crois cependant très logique.

L'essence même d'une grande construction métallique, c'est l'assemblage de toutes ses parties, assemblage qui ne sera jamais

complet si toute l'ossature ne forme pas un tout, surtout dans un édifice où il n'y a pour ainsi dire pas de murs de refend. J'obtiens de la sorte une construction indéformable qui ne craint ni tassement, ni roulement. Mais j'avais d'autres raisons encore : s'il m'avait fallu sceller dans les murs les portées de mes poutres, qui n'ont pas moins de $2^{m},37$ de hauteur contre les façades, il aurait fallu pour cela de vraies baies, me condamnant à élargir notablement les piliers ; de plus, à raison du très grand poids, j'aurais dû faire ces piliers en pierre très dure. Or, la pierre dure exige beaucoup plus de temps, non pour la pose, mais pour la préparation, extraction, sciage, taille; or, j'étais tenu d'aller vite, et j'ai pu ainsi constituer à rez-de-chaussée une façade très ouverte, avec des piles d'une section de 0.90×1.20 en simple *banc franc* de Méry. Ces piles, en effet, ne travaillent que sous une pression de 10 à 11 kil. par centimètre carré. Enfin, sous des pressions considérables, une façade en pierre tasse toujours quelque peu. Mes poutres auraient donc porté d'un côté sur un mur compressible, de l'autre sur des colonnes incompressibles en fonte. Si léger que pût être ce tassement j'ai préféré le pilier incompressible partout (voir pl. 118, coupe).

Je prévois bien l'objection : si les façades ne sont qu'une devanture, pourquoi les avoir faites en pierre ?

Pourquoi? parce qu'un grand établissement de l'État, en plein cœur de Paris, a beau n'être qu'une usine comme fonctionnement, il est et doit être un monument, et que, quoi qu'on fasse ou qu'on puisse dire, la pierre seule est monumentale; et encore parce que ce monument sera occupé par des hommes dont le travail est long et pénible, qui ont droit à tout le bien-être qu'on peut leur donner, et que seule la maçonnerie, avec ses épaisseurs de murs, peut assurer des conditions favorables de défense contre les intempéries atmosphériques.

Il me faudrait trop de temps pour entrer dans le détail de la construction ; ce ne pourrait être que l'objet d'une causerie sur place; je me bornerai à quelques indications générales.

La maçonnerie, exécutée par M. Henry Durand, n'a pas présenté de difficultés spéciales, sauf une nappe d'eau vraiment abusive dans les basses fondations; nous avons eu ensemble un duel assez

long : elle a capitulé, mais je lui rends cette justice qu'elle s'est vaillamment défendue.

Pour les fondations et sous-sols, j'ai employé la meulière, à l'exclusion presque absolue de la pierre ; je considère en effet comme surannée la pratique des fondations en pierre de taille dans presque tous les cas. Nos pères avaient d'excellente pierre et de mauvais mortiers ; nous avons des pierres médiocres et des mortiers excellents, faisons donc à meilleur marché le meilleur travail.

A ce propos, je dois témoigner des admirables résultats que j'ai obtenus avec la chaux éminemment hydraulique du Coucou, la seule que j'aie employée dans toute ma construction. Comme pierre, j'ai eu recours à la pierre de Souppes pour des socles, dés, bahuts, etc. ; à la roche de Saint-Maximin pour divers piliers; j'ai employé çà et là un peu d'Euville, de Laversine, de Pargny; la pierre d'Hauteville en perrons, et enfin le banc franc de Méry pour toutes les parties en élévation.

Pour cette dernière, j'ai fait étendre sur les saillies de bandeaux ou corniches exposées à la pluie, du fluo-silicate de MM. Faure et Kessler. L'épreuve me paraît absolument favorable à ce produit encore peu connu.

La charpente en fer est assurément la partie la plus importante de toute cette construction. Les pressions admises pour les colonnes en fontes sont de 8 k. par $^{m}/^{m}$ carré ; les fers travaillent à 6 k. par $^{m}/^{m}$ carré. Les grandes poutres des planchers sont en arcs à treillis décoratifs dans les cours et salles du premier étage ; sous le troisième étage, où j'avais à prévoir des surcharges de 800 k. par mètre carré, les poutres sont droites avec couvertures multipliées au centre, et les solivages sont en poutrelles de tôle et cornières. Les pièces de charpente métallique sont restées apparentes dans presque toutes les parties de l'édifice (voir pl. 118, coupe).

Que vous dirai-je des combles? Leur combinaison est très particulière, mais il me faudrait de longs développements et des épures pour vous en rendre compte. Ils ont présenté surtout de grandes difficultés dans les parties biaises du terrain vers la rue Jean-Jacques-Rousseau.

Voici, d'ailleurs, quelques chiffres intéressants sur la construction métallique :

Le poids des fers employés pour une travée de plancher haut du rez-de-chaussée ou du premier étage (ils sont identiques) composé de poutres cintrées à treillis avec solives en fer à I larges ailes, ressort comme suit :

Travée de 12,80 de portée dans œuvre.

Surface . . .	12.80 × 5.08 =	65m² »	
Poids		8,350k »	
Soit par mètre carré			128k500

Travée de 16.80 de portée.

Surface . . .	16.80 × 5.08 =	85m² 34	
Poids		13.110k »	
Soit par mètre carré			153,600

Travée de 15.24 de portée.

Surface . . .	15.24 × 5.15 =	78m² 42	
Poids		11 330k »	
Soit par mètre carré			144,300

Pour le plancher haut du deuxième étage, composé de poutres droites à âme pleine, et solivage en poutrelles de tôle et cornières :

Travée de 12.80,	surface id.	65m² »	
	Poids	8.610k »	
	Soit par mètre carré		134k
Travée de 15.24,	surface id.	78m² 42	
	Poids	11.835k	
	Soit par mètre carré		150,800

Les combles pèsent, compris fermes et pannes :

Travée de 12.80,	surface id.	65m² »	
	Poids	4.072k	
	Soit par mètre carré		62,460
Travée de 16.80,	surface id.	85m² 34	
	Poids	7.811k »	
	Soit par mètre carré		91,520

Travée de 15.24, surface id.	$78^{m2}42$	
Poids	4.913^{k} »	
Soit par mètre carré		62,600

Le comble de la salle des Périodiques est plus lourd, en raison du double plafond vitré.

La surface est. $42.75 \times 15.70 =$	$671^{m2}17$	
Poids total.	74.321^{k} »	
Soit par mètre carré		110,700

Ces divers poids sont certainement élevés, quoique tout ait été rigoureusement calculé; mais d'une part, je n'ai pas admis de travail supérieur à 6 k. par $^{m}/^{m}$ carré, et, d'autre part, les grandes portées ne vont pas sans des poids considérables.

Les couvertures sont en ardoises à crochets pour les brisis, en zinc pour le surplus. Les chéneaux sont en fonte, du système Bigot-Renaux.

Ces chéneaux, à joints de caoutchouc, et que j'ai fait faire très larges, servent aussi de chemins; ils sont économiques et d'un excellent usage; ils ont enfin cet avantage que, n'exigeant pas de ressaut et presque pas de pente, ils permettent aux tuyaux de descente de se secourir l'un l'autre en cas d'engorgement.

Pour le grand comble vitré de la salle centrale des Périodiques, j'ai pratiqué un plafond vitré au-dessous; c'est une dépense première de plus, mais je trouve inhumain d'enfermer des employés sous le comble d'une simple cour vitrée, et j'ai tenu à les préserver du froid et plus encore de la chaleur par l'interposition d'un épais matelas d'air entre le comble et le plafond.

La menuiserie, remarquablement exécutée par M. Simonet, la quincaillerie par MM. Baudet et Donon, comportent des détails infinis. Il faut surtout, à la Poste, se préoccuper de la solidité, car avec toutes ses qualités, le personnel de la Poste a un défaut terrible, c'est d'être le plus destructeur brise-tout qu'on puisse voir; cela s'explique un peu : le temps, je vous l'ai dit, est l'ennemi, et à la Poste l'état de guerre est l'état normal. Aussi faut-il blinder et cuirasser les portes, les angles et les arêtes, prévoir toutes les causes imaginables de destruction. Pauvre menuiserie! Je le sais, sa jeunesse ne sera pas longue, et bientôt les reprises, les coutures, les emplâtres en tôle viendront témoigner des coups

formidables qu'elle aura reçus. Je forme quant à moi un vœu : c'est qu'on comprenne bien que quelques dépenses minimes dans l'entretien du matériel sont une réelle économie, et que rien n'est plus coûteux qu'un matériel roulant boiteux ou à roues carrées, et que mieux vaut dépenser quelques sous pour remettre une roue manquante à une corbeille que de labourer un parquet de profondes rainures, comme je l'ai vu faire avec l'extrémité aiguë d'un essieu cassé.

VIII

J'arrive aux préoccupations hygiéniques, très importantes dans un service qui comporte un très nombreux personnel. A ce titre, la question de l'eau était capitale, surtout en vue de nombreux cabinets d'aisances et urinoirs qu'il faut bien avoir à tous les étages et à proximité immédiate des salles de travail.

J'ai disposé trois séries de canalisations : l'une est spéciale au service d'incendie, avec postes garnis, sonneries d'avertissement, etc. Une autre conduit l'eau à boire, de la Vanne, filtrée au préalable dans des filtres Carré. Enfin, la plus importante répartit dans les divers services l'eau du canal destinée aux cabinets d'aisances, urinoirs, postes d'eau et lavabos, après que toute la quantité de cette eau qui doit desservir les étages supérieurs a été au préalable élevée dans des réservoirs par des pompes actionnées par les mêmes machines motrices qui commandent les monte-charges.

Les cabinets d'aisances et urinoirs sont les seules parties de l'édifice où je me sois permis quelque luxe. Les cabinets sont établis par groupes avec cloisons qui ne montent pas jusqu'au plafond. Les sièges sont en marbre bleu turquin massif, à formes partout arrondies, les revêtements en marbre jusqu'à hauteur d'homme, et au-dessus en glace brute de Saint-Gobain. Ces sièges, sont constamment lubrifiés par une nappe sortant d'une rampe d'arrosage. Au devant des sièges, le sol est formé d'un bassin en marbre, recouvert d'une grille à claire-voie sur laquelle on marche ; ce bassin est toujours plein d'eau, et les ordures tombant ou projetées en avant du siège — puisqu'il faut bien compter avec les habitudes de malpropreté — sont ainsi diluées

dans l'eau. Sous les sièges règne un caniveau en grès vernissé, toujours plein d'eau, dans lequel tombent directement les matières fécales : ainsi ni appareils, ni bascules, ni rien de tout ce qui exige du soin ou ce souci des autres et de soi-même qu'on ne peut encore se flatter d'obtenir. Le caniveau de réception des matières et les bassins sont nettoyés par de puissantes chasses d'eau automatiques à intervalles réglés ; bien entendu des siphons interceptent toute émanation des tuyaux de chute.

Ici j'avoue l'emprunt aux Anglais, nos maîtres, il faut le reconnaître, en fait d'installations de propreté. Mais j'ai tout fait pour perfectionner leurs dispositions par le détail des cabinets, la nature et la forme des sièges, le sol en grille. Et la vidange, dira-t-on ? Je sais que je vais ici heurter les convictions de quelques-uns d'entre vous, mais c'est l'égout qui la reçoit. Et je n'ai à cela aucun scrupule du moment où, sans cela, je devrais avoir des tinettes filtrantes — ce qui, sauf hypocrisie, est absolument la même chose pour l'égout, sans autre différence que l'infection pour le bâtiment.

Les urinoirs sont en marbre, à rampes d'arrosage ; les lavabos également en marbre, toujours avec siphons; toutes les canalisations sont d'ailleurs siphonnées par le bas.

Quant à la ventilation, elle sera commandée, en été, outre l'ouverture des fenêtres, ce qui est encore la meilleure de toutes les ventilations, par des cheminées d'appel avec rampes de gaz, et en hiver par ces mêmes appels concourant avec l'action du chauffage.

C'est à la vapeur que j'ai demandé ce chauffage ; seule en effet la vapeur est assez ductile pour permettre aisément le chauffage de près de 120,000 mètres cubes d'air, dans un édifice qui n'a presque ni murs ni points d'appui à rez-de-chaussée ; seule elle permet de concentrer le service du chauffage dans un local unique, elle n'expose ni à l'incendie ni aux fuites ou congélations, elle fournit le mode de chauffage le plus gouvernable et le plus rapide, considération capitale dans un édifice où les employés arrivent l'hiver à quatre heures du matin, peu disposés à attendre quelques heures que des conduits de chaleur ou des masses d'eau aient bien voulu parvenir à s'échauffer.

Vous savez du reste qu'avec M. Herscher, dont les Grecs eus-

sent assurément fait un demi-dieu de l'atmosphère, il suffit de demander des efforts pour obtenir des prodiges ; excepté pourtant celui de satisfaire à la fois le transi et l'apoplectique : un dieu tout entier n'y suffirait pas.

J'ai tenu d'ailleurs à ce que le chauffage eût pour condition expresse le renouvellement de l'air. C'est donc de l'air pris au dehors par de larges bouches prévues dès le début de la construction, et formant franchement des motifs de façades, qui entre, s'échauffe au contact des ailettes, et se répand dans les salles où il remplace l'air vicié : ce n'est pas l'air même des salles que nous chauffons ; par conséquent nous y introduisons l'air aussi pur que peut nous le fournir la voie publique : on ne saurait raisonnablement demander davantage, tout a d'ailleurs été calculé en vue du renouvellement intégral de l'air des salles dans l'espace d'une heure.

Cette combinaison est ici d'autant plus nécessaire que nous avons à lutter contre l'action du gaz d'éclairage, en combustion presque permanente à la Poste. Les services ouvrent à quatre heures le matin, il faut du gaz au début et à la fin de la journée ; il en faut tout le temps pour les cachetages, et il faut malheureusement compter sur des robinets mal fermés.

Mais pourquoi, direz-vous, avoir employé le gaz et non la lumière électrique? Pour deux raisons.

A la Poste, la lumière qu'il faut n'est pas celle des gros foyers, des éclairages puissants à longue portée ; l'outil principal est le casier, il faut que la lumière pénètre dans des milliers et des milliers de cases. Il faut donc des foyers nombreux et faibles. Les appareils électriques à arc ne conviendraient donc pas ici, et seules les petites lampes à incandescence donneraient satisfaction. Mais si l'on admet environ 2,500 foyers, la dépense deviendrait bien considérable ; mais d'ailleurs j'avais posé la question, et on a estimé qu'il ne serait pas en tous cas possible, si l'on admettait l'éclairage électrique, de se dispenser d'établir en double un éclairage complet au gaz, pour parer à toutes les éventualités ; et que, enfin, l'éclairage électrique réalisant chaque jour des progrès importants, et n'ayant assurément pas encore trouvé sa solution définitive, il serait fâcheux d'engager dans ce but des dépenses

considérables, qu'un nouveau progrès probable viendrait avant peu rendre peut-être inutiles (1).

IX

Je pourrais encore, si le temps ne me manquait, vous parler de nombreux détails d'installations, dont quelques cas sont assez curieux et très spéciaux à la Poste : tels sont les casiers de tri, tout en fer, verre et glace, aussi transparents que possible, afin qu'une lettre ne puisse rester oubliée sans être vue dans l'une des 25,000 cases environ de ces casiers; les tabourets tournants en fonte et fer avec sellettes en cuir rembourré ; les tables d'ouverture et de cachetage en glace posée à bain de mastic sur des fonds en tôle; les bobines métalliques pour la ficelle ; les serpettes fixes; les appareils à gaz pour le cachetage ; les machines à timbrer ; les boîtes d'abonnés pour la Poste restante; de nombreux types de quincaillerie spéciale ; les tris à échantillons ; les crochets d'attache des sacs pleins et des sacs vides; les robinets des lavabos donnant un écoulement jaugé d'un litre sans qu'on ait à craindre les inconvénients d'un robinet laissé ouvert; les décrottoirs de plusieurs mètres superficiels ; les râteliers des parapluies avec chenaux et sortie d'eau par les tuyaux de descente; les étiquettes émaillées, les plaques à monnaie en ébonite; les sonneries et porte-voix; enfin les nombreux engins de mécanique à la main pour élever et descendre, en dehors des grands monte-charges, des sacs, paquets, lettres, etc., dont d'ailleurs il vous sera parlé dans une autre séance.

Je tiens cependant à vous signaler un progrès très réel, et qui intéresse le public, à propos des boîtes aux lettres. Pour connaître les heures de distributions, vous n'aurez pas à chercher à lire le petit cadran émaillé, toujours illisible, toujours derrière les jambes de quelqu'un; au-dessus des boîtes, de grands cadrans en verre gravé, éclairés le soir en transparence, très en vue, vous donneront les indications nécessaires. Par une combinaison ingénieuse, due à MM. Lepaute, les inscriptions mobiles tourne-

(1) Depuis cette conférence, la question de l'éclairage électrique de l'Hôtel des Postes a été mise à l'étude par M. Granet.

ront simultanément par une commande à la disposition du leveur de boîtes ; mais cet employé lui-même ne devra les mouvoir et par conséquent clore un délai, que lorsque l'horloge aura fait sonner un timbre signal entendu par le public aussi bien que par lui-même. Ainsi, nous éviterons toute contestation sur la régularité des levées.

L'horlogerie joue du reste un très grand rôle à la Poste, cela se conçoit ; je n'ai que deux choses à vous en dire : l'une c'est que ce sont MM. Lepaute qui en assurent la perfection ; l'autre, c'est que nous remployons la superbe horloge de l'ancienne Poste, qui commandera toutes les autres, l'heure étant ainsi absolument synchronisée entre tous les services.

X

Et maintenant, Messieurs, vous me permettrez bien de vous entretenir un peu de l'architecture du nouvel Hôtel des Postes.

Après le savoir, la première vertu et peut-être aussi la plus sûre habileté de l'architecte, c'est le désintéressement artistique. Un édifice quel qu'il soit a sa valeur propre, mais il a aussi sa valeur proportionnelle dans l'ensemble des constructions d'une ville, et à côté de palais qui devront être des palais, un Hôtel des Postes doit être seulement un Hôtel des Postes. Cela semble une vérité de la Palisse : eh bien, pour la respecter, cette vérité, il faut de la vertu, je le répète, de l'empire sur soi-même, une surveillance très ferme et très continue des écarts possibles. Notre carrière ou plutôt l'exercice de notre art, si étendu, si varié, a cela de terrible que les occasions y sont rares, et que c'est être heureux déjà d'avoir une fois dans sa vie la bonne fortune de faire un monument. Aussi, quelles tentations de montrer son savoir ou son goût, de s'offrir à soi-même la charmante satisfaction d'une étude brillante ou raffinée, en un mot *de vider son sac pendant qu'on y est !* Là sans doute est la cause de bien des exagérations, de conceptions ambitieuses et immodérées, et de cette monotonie dans l'excessif et le fastueux qui est un défaut incontestable de notre architecture contemporaine.

Tout comme un autre, j'aurais aimé, j'aimerais beaucoup encore

à tracer des colonnades pompeuses, des frontons sculptés, des silhouettes décoratives, des escaliers monumentaux, des perrons grandioses ; je me plairais d'autant plus à chercher ces effets de richesse que ce sont les plus faciles, les plus fertiles en ressources, et que rien n'est malaisé comme de produire une impression artistique avec la sobriété : mais je ne voudrais pas ces effets au prix d'un contre-sens, et je ne me pardonnerais pas d'être le premier à me dire : « *non erat hic locus.* » Je me suis donc imposé une discipline sévère de sincérité et d'adaptation de l'œuvre au programme, m'inspirant des besoins avant tout, de la convenance morale comme de la convenance matérielle, et convaincu que si mon ouvrage devait arriver à avoir quelque originalité, ce serait uniquement à condition de n'en pas chercher, de la trouver presque malgré moi dans l'originalité même du programme interprété fidèlement, sans aucune réminiscence, sans aucune hantise de modèles consacrés, sans préoccupation de succès : surtout sans concessions à l'amour-propre, ce terrible ennemi intime des artistes ! Or, qu'avais-je à faire ? La Poste. — Que doit être la Poste ? Une usine. Mais une usine de l'État, au centre de Paris, un monument. Ainsi, un édifice qui soit en même temps une usine et un monument : usine par les dispositions, la largeur de l'éclairage, la logique avant tout, la sobriété, le sacrifice de toute profusion et de tout luxe déplacé ; monument par l'ampleur des proportions, les effets d'ensemble à déduire de l'importance du programme, des masses imposantes correspondant à la grandeur du travail national qui s'accomplit derrière ces murs ; voilà ma conception de l'Hôtel des Postes. Je crois y avoir été fidèle et avoir tracé droit mon sillon, et que j'aie été plus ou moins heureux, ce que j'ignore vraiment, je crois du moins pouvoir dire que dans mon monument il est impossible de ne pas reconnaître une chose voulue, et qui ne s'inflige point à elle-même de démentis.

Si les intérieurs produisent des effets de grandeur qui surprennent volontiers les visiteurs, c'est sans doute parce que, avec une disposition matériellement grande, aucun détail parasite — fût-il exquis — ne vient troubler l'impression de ces grands éléments de construction qui assurent toujours à un édifice l'autorité et la majesté du vrai, même un peu austère ; vérité nue, sans doute : mais la peinture et la sculpture n'ont pas seules le privilège de

trouver dans l'étude difficile du nu leurs plus artistiques manifestations.

A propos des façades (voir pl. 118. façade), j'avais à suivre obstinément la même ligne de conduite. Pour les largeurs des travées, les hauteurs et largeurs des arcades ou des fenêtres, toute l'étude des pleins et des vides, rien, pas même un centimètre n'a été accordé à la fantaisie ou au goût de l'artiste; toutes ces proportions sont déduites avec rigueur, avec inflexibilité, de ce qui m'a paru être la réalisation pratique des besoins conciliée avec les exigences de la construction. Si j'avais eu à faire cette usine postale dans une banlieue perdue où personne n'irait la voir, où aucun caractère artistique ne serait à chercher, ces proportions, je le déclare, seraient identiquement les mêmes. L'architecture seule différerait, et encore plutôt dans ses formes que dans ses éléments constitutifs, tellement je me suis astreint à chercher ces éléments dans les entrailles mêmes du sujet.

Que sont en effet ces grandes baies cintrées du rez-de-chaussée, ces larges fenêtres des étages, cette corniche supérieure, seul couronnement de la construction, sinon l'expression même des besoins? Que sont ces contreforts saillants, sinon l'expression même de la construction ? Si là-dessus j'ai disposé quelques profils et quelques motifs, ce sont les quelques broderies qu'on dispose discrètement sur un vêtement ajusté.

Je ne voudrais pas cependant être mal compris; je ne voudrais pas que vous pussiez croire que j'ai fait litière des préoccupations artistiques : je serais doublement traître et renégat. Au contraire c'est au nom de l'art, de l'art vrai et supérieur, que je réclame cette sincérité et cette passion du vrai Et comme le vrai s'impose dans toute son unité, j'ai ainsi, je le crois du moins, rencontré la disposition des façades que commandait d'autre part l'emplacement.

Si en effet l'Hôtel des Postes se présentait au moins par un de ses côtés en face d'une grande place comme les admirables monuments de la place de la Concorde, ou en face d'une grande voie publique comme l'Opéra ou l'Hôtel de Ville, j'aurais dû certainement, toutes proportions gardées, tenir grand compte de cette situation, et chercher quelque motif composé en vue du recul et d'une longue perspective. Mais au contraire, mes façades sont

toutes en bordures de rues; d'aucun point on n'en peut embrasser tout l'aspect d'un seul coup d'œil perpendiculaire, on ne peut les voir que latéralement, en perspective oblique et ramassée. Dans cette situation, les motifs milieux, les symétries lointaines seraient autant d'illusions en pure perte. L'intuition de l'effet possible m'a donc amené aussi à chercher dans la répétition des saillies, dans la série des épaisseurs de contreforts vus latéralement, une richesse et une variété perspectives que n'auraient pu me donner des motifs étudiés trop au point de vue géométral. L'architecture de ces façades, qui n'est que l'expression rationnelle de la construction, me fournissait donc aussi les éléments d'effet auxquels pouvait se prêter l'emplacement du monument.

Voilà mes vues, les principes qui m'ont guidé, que j'ai suivis sans déviations, Je les crois sains et sûrs; mais en matière d'art, les intentions sont peu de chose, il faut le bonheur. Ce bonheur a-t-il été mon lot? Ici je n'ai rien à dire; je ne veux étaler ni fatuité ni fausse modestie, je ne puis être juge et partie.

XI

Et pour qu'enfin je ne vous parle pas toujours de moi, voudrez-vous, Messieurs, me permettre d'élever la question?

On dit parfois, souvent même, que nous n'avons pas d'architecture contemporaine; c'est une erreur, chaque époque quelle qu'elle soit a son architecture bonne ou mauvaise; et notre architecture contemporaine s'affirme, ce me semble, par des monuments qui lui assurent, avec une grande variété, un caractère général bien à part; seulement, pour en bien saisir ce caractère général et les grands traits communs, il faut ou cette hauteur de vue ou cette distance dans le temps qui permettent le recul nécessaire pour embrasser un vaste champ d'observation. Notre architecture présente au contraire une tendance qui lui est propre, et qu'on pourrait, je crois, définir le goût de l'indépendance luttant contre la tradition du pastiche. Pendant des siècles, dans tous nos arts, l'imitation a été non seulement un moyen, mais un but proclamé. Rappeler les anciens d'abord, penser ensuite à tout le reste, telle a été bien longtemps la discipline d'esprit de nos plus grands

hommes, et pendant que Racine cherchait à nous reproduire Euripide, Boileau, Horace ou Juvénal, nos architectes se faisaient avant tout honneur de rappeler l'architecture antique ; et certes, s'ils avaient eu l'habitude d'écrire des préfaces ou des examens de leurs œuvres, ils se seraient excusés du moindre manquement aux préceptes de Vitruve tout comme le grand Corneille plaidait humblement les circonstances atténuantes quand il avait eu le malheur de froisser quelque règle d'Aristote.

Plus ou moins étroite, cette discipline a régi notre art depuis la Renaissance jusqu'à ce siècle ; puis, tout à coup, un revirement s'est produit — ce qu'on a appelé le romantisme. Mais pour fixer un autre horizon, nos arts n'ont pas cessé de prendre leur orientation au loin ; la révolution a été bruyante, mais ce n'était qu'une volte-face, on copiait toujours, on copiait même bien plus servilement, on copiait autre chose, voilà tout. L'indépendance n'était pas née.

C'est que les évolutions artistiques sont lentes. Et pourtant, l'affranchissement de la pensée, l'affranchissement de la science, devaient avoir forcément pour corollaire l'affranchissement de l'art. Invités à la liberté par tout le mouvement de la civilisation dans laquelle nous vivons, déjà nous entendons à notre tour n'être prisonniers d'aucun passé, pas plus du moyen âge que de l'antiquité.

Mais la liberté a ses devoirs, le devoir en est même le prix et la condition. Aussi l'an dernier, un maître éminent, M. Guillaume, parlant au nom de l'Académie des Beaux-Arts qu'il présidait, proclamait cette pensée virile et profondément vraie que la marque de l'art moderne doit être la *conscience ;* non seulement la conscience entendue simplement au sens honnête de l'effort consciencieux, mais la cónscience comprise comme loi morale de l'homme conscient.

Cette pensée est profonde, Messieurs, elle doit être notre règle et le gage de notre dignité. Oui, nous sommes des artistes affranchis, nous sommes libérés des vieilles entraves qui nous rivaient aux formes ou aux formules d'époques qui, si grandes qu'elles soient, ont vécu ; époques que nous devons connaître et non copier, et qui puniraient notre servilité par l'anachronisme ; mais en échange de cette liberté entière que nous concède l'esprit moderne, nous avons le devoir absolu de puiser nos inspirations à la source

même qui a si bien vivifié les grandes époques que nous ne pourrons rappeler qu'en ne les imitant pas, la conscience des aspirations, de l'intelligence et des besoins du temps et de la civilisation où nous vivons.

En sommes-nous tout à fait là? Ce serait trop beau. Partout et en toutes choses, nous en sommes encore à l'apprentissage de la liberté, le plus vivifiant, mais le plus austère de tous les régimes. Nous ne serons sans doute entièrement dignes d'être libres comme artistes que lorsque nous serons tout à fait dignes d'être libres comme hommes. Comme hommes, nous avons encore à dépouiller bien des servitudes héréditaires de nos mœurs et de nos caractères, nous avons à nous instruire presque entièrement des grands devoirs de la liberté. Comme artistes, nous avons encore à nous affranchir des traditions de l'asservissement et du pastiche, à ne pas confondre l'originalité vraie, qui ne se cherche pas, avec l'étrangeté laborieuse qui n'est qu'un excès et une débauche ; à apprendre que l'esclave qui change de maître n'en est pas plus libre, à comprendre que l'indépendance crée la responsabilité, et que pour être vraiment libre, il faut être assez fort pour se guider soi-même.

Mais cet idéal, cet avenir, nous l'entrevoyons, nous y marchons, nous croyons au progrès, nous avons la foi et l'espérance, et si nous ne plaçons pas notre but plus haut et plus loin que l'homme ne peut atteindre, nous y parviendrons.

Et alors, pour en revenir à l'architecture, notre art se dégagera des imitations serviles, il demandera au passé des leçons, des exemples, mais non des recettes et des poncifs ; il se fera, je n'en doute pas, plus simple, plus vrai ; on verra s'effacer peu à peu les traces, survivantes par habitude, de la profusion et de la surcharge qui ont été la marque de l'époque du second empire.

En même temps, notre architecture plus scientifique, chargée de résoudre les problèmes toujours plus nombreux et plus variés que comporte une civilisation chaque jour en progrès, devra à tout prix trouver des formes, des ressources et des moyens, mieux encore des styles et des caractères, pour des besoins et des programmes variés à l'infini : elle les trouvera, j'en ai la conviction, mais seulement dans la sincérité absolue de l'artiste, dans son identification complète, sans réserves ni arrière-pensée, avec l'essence

intime du sujet qu'il devra traiter. Et, croyons-le bien, il n'est pas de plus magnifiques conditions artistiques que celles de l'art ainsi conçu.

J'ai voulu vous parler d'architecture moderne ; et je vous ai surtout parlé d'architecture d'avenir. C'est que le progrès est la loi de notre temps, et que se borner au présent est presque s'attarder au passé ; c'est que l'architecture que je conçois, celle que conçoivent et affirment les maîtres contemporains, loin d'accepter pour mot d'ordre « en arrière » a pour devise, au contraire, « en avant » !

XII

J'ai fini, Messieurs, d'abuser de votre hospitalité ; je sais trop que ce que je vous ai dit est encore bien incomplet, et que vous étiez en droit d'attendre une exposition plus intéressante de tout ce qui, dans le nouvel Hôtel des Postes, touche de près ou de loin au domaine si varié de vos études. Heureusement, tout cela n'est qu'une préface, et bientôt vous entendrez les paroles de science que vous attendez. Vous me permettrez, je l'espère, de revenir alors comme auditeur, certain d'avance d'applaudir au talent du conférencier, comme déjà et depuis longtemps j'applaudis au savoir et au succès du constructeur.

DISCOURS

PRONONCÉS SUR LA TOMBE DE M. ERNEST MARCHÉ

Discours de M. É. Leclerc

Président de la Société technique de l'Industrie du Gaz.

La Société technique de l'Industrie du gaz perd, en la personne d'Ernest Marché, un de ses anciens présidents, un de ses membres les plus distingués.

Sorti de l'École Centrale en 1857, il s'était créé, par son seul mérite, une situation importante dans l'Industrie du gaz comme dans les Chemins de fer.

Depuis la création de la Société technique, il en faisait partie : il y était bientôt devenu secrétaire et, quelques années après, il avait été nommé vice-Président, puis Président, à l'unanimité des suffrages.

Le Congrès de 1884 à Paris fut tenu sous sa Présidence et fit apprécier à tous les qualités de son caractère et les ressources de son esprit.

Ernest Marché a toujours pris une part active aux travaux de la Société. Les mémoires qu'il a présentés sur la canalisation du gaz à Madrid, le traitement des eaux ammoniacales, la distribution de la lumière dans les grandes villes, les becs Siemens, l'organisation d'un laboratoire pour l'étude de l'électricité, témoignent de sa haute compétence dans toutes les questions touchant à l'Industrie gazière.

Cette compétence lui avait valu, depuis longtemps, d'être choisi comme administrateur, conseil ou ingénieur par plusieurs Compagnies de gaz. Il leur donnait, en prodigue, son savoir, son intelligence et tout le temps que lui laissaient son cours à l'École Centrale, ses fonctions au Nord de l'Espagne, ainsi que ses autres travaux d'ingénieur.

Sa merveilleuse facilité lui permettait de faire face à ces multiples occupations; mais un tel labeur devait user rapidement ses forces et le livrer sans défense à la maladie qui brusquement est venue le frapper.

Cette mort prématurée atteint douloureusement la Société technique de l'Industrie du gaz ; mais le souvenir d'Ernest Marché restera parmi nous, ineffaçable, car c'est à un travailleur infatigable, à un collègue bien dévoué, à un camarade excellent qu'ici nous adressons un suprême adieu.

Discours de M. Hersent

Président de la Société des Ingénieurs Civils.

La Société des Ingénieurs civils témoigne ici non seulement sa sympathie pour la famille de M. Marché, mais aussi la haute estime qu'elle avait pour son ancien Président.

Sa carrière d'ingénieur fut longuement remplie et il est tombé encore jeune après avoir beaucoup travaillé.

M. Marché avait acquis une grande sûreté de jugement en visitant les travaux étrangers en Suisse, en Espagne et ailleurs.

Dans les dernières années il cumulait des fonctions très lourdes d'Ingénieur en chef du Nord de l'Espagne avec le professorat de l'École Centrale pour les chemins de fer.

M. Marché appartenait à la Société des Ingénieurs Civils depuis 1860, et depuis 1874 il prit une part très active aux travaux du Comité pour les présider en 1883.

Dans ces fonctions, M. Marché apporta l'aménité et la cordialité de son caractère ; la part qu'il a prise dans les discussions de la Société et la direction des excursions au Havre pour l'embouchure de la Seine et en Belgique pour l'étude des questions de chemins de fer, sont encore présentes à la mémoire, et il laisse parmi ses collègues un souvenir très doux et vénéré, qui ira à la postérité.

Discours de M. Émile Muller

Professeur à l'École Centrale.

Vous venez d'entendre, Messieurs, ce qu'a été le grand laborieux qu'accompagnent ici ses collaborateurs et ses amis. Au nom de ses collègues, professeurs à l'École Centrale, je viens vous dire nos regrets et la sympathie qu'avait su nous inspirer ce malheureux confrère.

Sa mort nous émeut tous profondément et d'autant plus que le destin inexorable semble frapper plus souvent dans nos rangs. Il y a peu de mois, c'était notre grand et vénéré maître, l'Illustre Dumas, le dernier fondateur de notre École, que nous conduisions au champ du repos ; peu après notre ami Tresca, enlevé subitement ; hier, un autre collègue, le chimiste Leblanc ; aujourd'hui, l'Ingénieur Marché, sinon le plus jeune, du moins le dernier venu parmi nous et celui-ci, victime, dans la force de l'âge, de la noble ambition de couronner sa carrière par le titre de professeur à l'École Centrale.

Oui, Messieurs, on nesaurait trop le dire, Marché est mort à la peine, emporté par l'excès de travail au moment où arrivé, il allait pouvoir jouir du titre que, pas à pas, il avait vaillamment conquis.

Emporté par cette vision d'honneurs, il n'a pas écouté les sages avis de ceux qui savent ce que coûte de labeurs, de veilles et de préoccupations, l'honneur de professer à notre École.

Quand, lors de sa présentation par les Ingénieurs qui l'avaient vu à l'œuvre et apprécié, quelques-uns de ceux dont il aspirait à devenir le collègue, et j'étais du nombre, lui dire de se méfier de ses forces, de ne pas penser qu'il suffit de savoir pour enseigner comme il convient, à notre justement exigeante jeunesse ; qu'il était peut-être tard pour aborder une pareille tâche, il nous répondit que sa santé lui permettait toutes les fatigues, nous remercia de notre sollicitude et maintint sa candidature.

Deux années ne s'étaient pas passées, Messieurs, que déjà ce cher collègue ressentait la première atteinte du mal qui bientôt devait l'accabler, nous priver de ses bons avis au Conseil et nous

attrister au récit de ses souffrances morales, alors qu'il commençait à constater son impuissance à remplir dignement la mission qu'il avait briguée avec tant d'ardeur.

Une de ses dernières joies, Messieurs, et ce souvenir est doux à mon cœur, a été d'être appelé par moi, lors de la fondation de l'*Association pour préserver les Ouvriers contre les accidents du travail*, à représenter les Ingénieurs Civils de France. Je sens encore la cordiale poignée de main qu'il me donna, pour remercier les fondateurs de l'honneur qu'ils lui faisaient en l'invitant à présider la séance d'installation et je me rappelle son enthousiasme pour l'œuvre qui allait tenter de sauver tant d'ouvriers exposés aux accidents de l'Industrie.

Que n'avez-vous pu assister il y a peu de jours, à notre séance, mon pauvre ami, vous auriez eu le bonheur de constater avec nous que nos espérances se réalisent, puisqu'après deux années d'efforts seulement notre association peut diminuer de 65 0/0 le nombre des victimes du travail.

Que de tristesses, Messieurs, à la pensée de ce qu'il a fallu de volonté soutenue à ce vigoureux travailleur pour arriver à toutes les situations qui vous ont été énumérées, à la pensée de sa mort au moment où il commençait à recueillir le prix de tant de labeur!

Puisse l'expression de nos regrets, adoucir le chagrin de tous ceux qui pleurent ce brave ami.

Puisse la jeunesse le prendre comme exemple de persévérance, de noble ambition et voir dans ses succès, une fois de plus, la preuve que le travail intelligent peut conduire aux plus hautes situations.

Adieu, mon cher Marché. Adieu.

CHRONIQUE

Sommaire. — Une tour de 305 mètres. — Fabrication et essais des plaques de blindage. — Chemins de fer en Europe. — Chemin de fer du Corcovado. — Application du potassium.

Une tour de 305 mètres. — Nous avions, dans la chronique de janvier 1883, page 109, indiqué que Trevithick avait proposé au gouvernement anglais, en 1832, la construction d'une tour en fer de 1000 pieds (305 mètres) d'élévation pour perpétuer le souvenir du bill de réforme. L'ouvrage dans lequel nous avions trouvé ce renseignement ne contenait pas d'autre indication.

Notre collègue, M. Whaley, a bien voulu nous communiquer l'ouvrage *Life of Trevithick* dont la Société ne possède que l'abrégé, ouvrage dont nous extrayons le passage suivant avec les dessins qui l'accompagnent et qui rendent parfaitement compte du projet de l'ingénieur anglais.

Le vote du bill de réforme suggéra à Trevithick l'idée d'en perpétuer le souvenir par l'érection d'une colonne plus haute que tout ce qui avait été fait jusqu'ici. Il rédigea la note suivante qui fut insérée dans le *Morning Herald* du 11 juillet 1832 :

Monument national en l'honneur de la réforme. — La grande mesure de la réforme, qui est devenue loi du pays, doit être rappelée par la construction d'un monument extraordinaire, dépassant en hauteur l'aiguille de Cléopâtre et la colonne de Pompée et symbolisant la beauté, la force et la grandeur inaltérable de la Constitution britannique.

Pour accomplir ce but, on propose de tenir un meeting pour lequel il sera fait une convocation spéciale et d'ouvrir dans tout le Royaume-Uni une souscription où on admettra toutes les cotisations, même les plus faibles, avec un maximum de deux guinées.

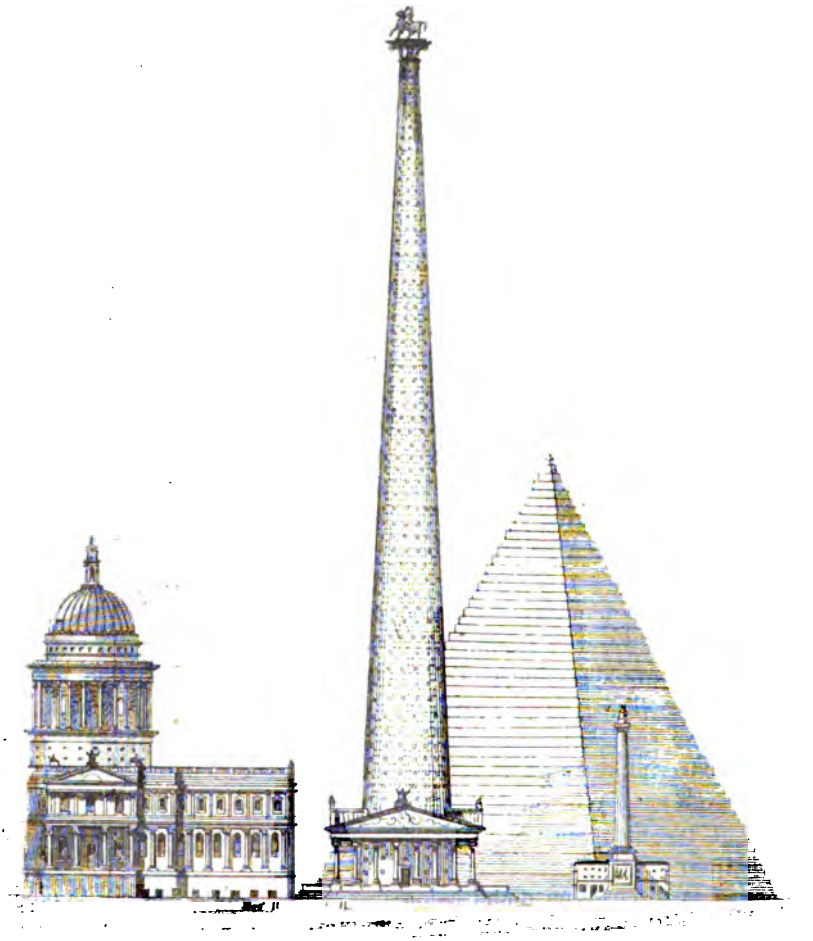
Suivent les noms des personnalités éminentes qui ont donné leur approbation.

Dessins et description d'une colonne à jour en fonte de 1000 pieds (305 mètres) de hauteur, 100 pieds ($30^m,50$) de diamètre à la base et 12 pieds ($3^m,66$) au sommet, composée de 1,500 plaques de fonte de $3^m,05$ sur $3^m,05$, ayant au centre un évidement circulaire de $1^m,83$ de diamètre et, près de chaque angle, un trou de $0^m,45$ ces ouvertures ayant pour objet de réduire le poids et de diminuer l'effet du vent. Ces plaques auront 50 millimètres d'épaisseur et porteront sur les côtés des brides pour permettre l'assemblage par boulons avec interposition de lames de plomb. Cette colonne reposera sur une fondation circulaire

avec soubassement de 18 mètres de hauteur; elle aura un chapiteau avec plate-forme de 15 mètres de diamètre et portera une statue de 12 mètres de hauteur. Au centre de la colonne il y aura un tube cylindrique de 3m,05 de diamètre formant ascenseur.

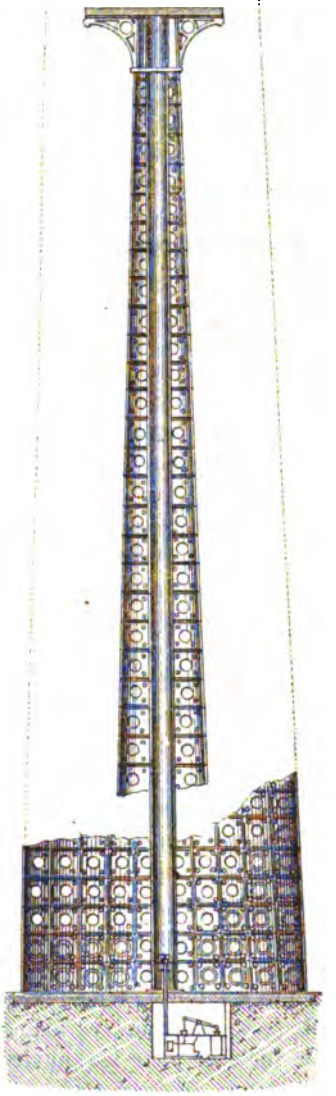
Chaque plaque pèsera environ 3 tonnes, de sorte qu'on peut évaluer le poids total à 6,000 tonnes.

Une machine à vapeur de 20 chevaux sera suffisante pour élever une



plaque à la hauteur totale en dix minutes et, comme on pourra employer à la fois un grand nombre d'ouvriers à l'assemblage des plaques, on pourra facilement mettre en place une plaque par heure. Les 1,500 plaques demanderont donc un peu moins de six mois. Des fondeurs se sont engagés à livrer ces pièces à pied d'œuvre pour 175 francs la tonne. Avec ce prix la construction de ce monument national ne coûterait pas plus de 80,000 livres sterling, soit 2 millions de francs.

Au centre de la colonne est, comme on l'a indiqué, un tube de 3m,05 de diamètre ; dans ce tube alésé se meut un piston en tôle emboutie portant des sièges pour 25 personnes ; ce piston est soulevé par l'air comprimé, au moyen d'une pompe mue par une machine à vapeur, avec une vitesse d'ascension de 1 mètre environ par seconde ; de sorte que l'ascension totale demandera 5 minutes.



Au bas du tube est une porte ouvrant de dehors en dedans, pour l'introduction des personnes qui voudront monter ; une fois cette porte refermée, la pression de l'air la maintiendra. Le piston porte une ouverture avec robinet qui sert à régler la descente en laissant échapper l'air ; cette ouverture est telle que la vitesse de descente ne dépasse pas 1 mètre par seconde. Dans ces conditions il n'y aura pas d'autre choc à l'arrivée en bas que celui d'un corps tombant de 0m,22 de hauteur ou que celui qu'éprouve une personne marchant à raison de 3,200 mètres à l'heure et arrêtée brusquement.

Le génie ardent de Trevithick n'entrevoyait aucun obstacle. On admire, à Londres, la colonne dite le Monument, de 65 mètres de hauteur ; on monte jusqu'à la croix de la cathédrale de Saint-Paul à 128 mètres d'altitude ; des touristes hardis font un immense voyage pour escalader les 150 mètres des pyramides d'Égypte. Combien serait-il plus agréable de monter à 305 mètres sur un matelas d'air comprimé par une machine à vapeur, de contempler Londres à ses pieds et de redescendre au niveau ordinaire de la vie journalière doucement et sans secousses à une vitesse modérée réglée par la simple ouverture d'un robinet, sans que rien pût accélérer cette vitesse au delà du taux de 1 mètre par seconde, permettant de déposer le voyageur au bas du trajet sans plus de secousse que s'il descendait une marche d'escalier?

Diverses réunions eurent lieu et, au bout de quelques mois, l'affaire était assez avancée pour qu'on ait pu mettre le projet avec les dessins

qui l'accompagnaient sous les yeux du roi Guillaume, le 1er mars 1833.

Mais moins de deux mois après, le 22 avril, Trevithick mourut après quelques jours de maladie et l'affaire n'eut pas de suite. On ne perdit toutefois pas entièrement le souvenir du projet de Trevithick, puisque, d'après une note de l'ouvrage, on proposa, en 1862, de le faire servir à un monument à élever à la mémoire du prince Albert.

Tout le monde comprendra, nous l'espérons, qu'en rappelant ici un fait intéressant pour l'histoire du génie civil, loin de déprécier le mérite de notre collègue, M. Eiffel, nous avons eu pour but de montrer, par la distance qui sépare le projet si étudié de ce dernier de l'esquisse de Trevithick, les immenses progrès qu'a réalisés depuis un demi-siècle l'emploi du métal dans les constructions.

Fabrication et essais des plaques de blindage. — Sous le titre *Modern Armour for National Defence*, le lieutenant William H. Jaques, de la marine des Etats-Unis, vient de publier une brochure où sont résumées d'une façon très intéressante les questions concernant le cuirassement des navires et la résistance des blindages. Il n'est pas sans intérêt de faire observer que cette brochure est dédiée par l'auteur à notre collègue M. Henri Schneider, du Creusot.

M. Jaques commence par rappeler que si les progrès récents de l'artillerie semblent donner à la puissance de pénétration des projectiles une supériorité sur la résistance des plaques, il ne faut pas perdre de vue que ces résultats sont obtenus dans des conditions toutes spéciales, canons fixes tirant normalement et à faible distance contre des cibles, lesquelles conditions sont absolument différentes de celles qui se rencontrent dans un combat à la mer. On ne peut donc tirer de ces résultats des conclusions absolues et des spécialistes dont la compétence est indiscutable pensent qu'un blindage d'une épaisseur égale à la moitié seulement du diamètre du projectile, assure contre celui-ci une impénétrabilité à peu près certaine dans les conditions ordinaires d'une guerre maritime.

L'expression d'armure s'applique à la protection métallique des forts et des navires, protection qu'a rendue nécessaire la puissance de l'artillerie moderne.

Il y a quatre genres de plaques de blindage : les plaques en fonte, en fer, les plaques compound ou mixtes (fer et acier) et les plaques d'acier. Celles de fonte et de fer ne sont employées que pour les forts ; les plaques compound et les plaques d'acier peuvent être employées pour les forts et pour les navires. Le capitaine Orde Brown classifie les blindages en deux séries, les doux et les durs ; les premiers se laissent pénétrer, les autres se brisent sous le choc du projectile.

Le nombre des usines qui se livrent à la fabrication des blindages est extrêmement limité par suite de l'importance du matériel de fabri-

cation, du rôle de l'expérience acquise et du peu de certitude des débouchés.

Les blindages en fonte sont fabriqués principalement à l'usine Gruson, à Buckau près Magdebourg. Les procédés sont tenus secrets, mais on sait qu'on emploie des moules en coquille qui durcissent la surface extérieure des plaques pendant que la surface intérieure reste douce. Le lieutenant Very, de la marine des États-Unis, donne les renseignements suivants sur la fabrication des plaques à Buckau.

On commence par faire un modèle en plâtre en vraie grandeur de l'armure à exécuter; ce modèle permet d'obtenir la forme exacte de chaque plaque et de confectionner les coquilles de fonte qui serviront à couler les plaques.

La partie secrète de la fabrication consiste dans le choix des fontes, les procédés de fusion et de coulée. M. Gruson prétend avec quelque apparence de raison que son usine est la seule qui puisse produire couramment des pièces coulées en coquille de 20 à 50 tonnes. Il est certain qu'en Russie on a essayé à plusieurs reprises et sans succès de fabriquer des pièces de ce genre; on a toujours eu des fentes sur les surfaces.

Le refroidissement de ces plaques s'opère avec une extrême lenteur. On peut signaler la manière de les réunir sans l'emploi d'aucune espèce de boulons ou agrafes; les faces en contact des plaques, au lieu d'être planes, sont concaves et on coule du zinc dans les cavités ainsi formées.

L'armure Gruson est employée pour les forts en Allemagne, Russie, Hollande, Italie, Autriche et Belgique. On l'a essayée en France, mais on a reconnu qu'elle ne résistait pas aux projectiles d'acier et on y a renoncé.

Les expériences faites sur les plaques Gruson ont toujours montré l'énorme influence de la courbure des surfaces su leur résistance; l'insuffisance de celle-ci dans le cas de surfaces planes, non moins que leur poids énorme, les rendent applicables seulement sur terre. Il faut ajouter que ces plaques n'ont jamais été soumises à des épreuves aussi sévères que les plaques d'acier, et que, bien que le prix par tonne des plaques Gruson soit moindre, la plus grande épaisseur et l'importance des fondations due à l'excès de poids font que le prix final d'une tourelle ou d'une casemate est au moins égale, sinon plus élevé, avec l'armure en fonte qu'avec l'armure en acier. La plus grande épaisseur des plaques Gruson est de $1^{m},10$; leur poids va de 50 à 80 tonnes; elles coûtent de 750 à 1,000 francs la tonne.

Les blindages en fer ont été abandonnés en pratique pour les navires depuis 1879, en présence de la supériorité de résistance de 20 à 25 0/0 que possèdent à épaisseur égale les plaques compound et les plaques d'acier. On les emploie encore en Angleterre pour les forts, mais là

encore ils seront prochainement remplacés par l'acier dont la moindre épaisseur permet de réduire la longueur des boulons de fixation et dont le moindre poids rend le transport et le montage beaucoup plus faciles.

La plus grande épaisseur qu'on donne aux plaques en fer est de 0m,300; ces plaques pèsent jusqu'à 40 tonnes et coûtent de 1,100 à 1,600 francs la tonne. Comme une plaque de 0m,300 est facilement percée par un projectile rayé de 0m,150 de diamètre, il faut employer des plaques superposées pour avoir une résistance suffisante. Cette armure, dite *Sandwich*, devient alors plus coûteuse qu'un blindage en acier de même résistance.

On appelle armure compound ou mixte des plaques formées d'acier dur d'un côté et de fer ou d'acier doux de l'autre, la réunion étant opérée par soudage. Il existe une assez grande confusion au sujet des dénominations données aux diverses espèces de plaques compound, parce qu'on les désigne tantôt sous le nom des inventeurs, tantôt sous celui des fabricants. Les unes s'appellent plaques Brown ou Ellis, les autres Cammell ou Wilson.

La partie en fer se fabrique par les procédés de fabrication des plaques en fer, lesquels sont les mêmes dans les deux établissements Cammell et Cie et John Brown et Cie. Dans ce dernier on place la plaque d'acier forgée sur la plaque de fer en interposant une sorte de cadre sur trois côtés, et des blocs d'acier destinés à maintenir l'écartement ; on porte le tout au four après avoir recouvert les surfaces extérieures avec du *ganister* ; quand la plaque est à la température convenable, on la porte dans une fosse verticale où une presse hydraulique maintient les deux parties en contact et les empêche de se gondoler, puis on coule dans le vide intérieur de l'acier liquide, acier Bessemer ou Martin ; quand cet acier est solidifié on soumet la plaque à une pression hydraulique de 6,000 tonnes. On achève la plaque en la réchauffant, la passant au laminoir, dressant les faces et la cintrant s'il est nécessaire pour lui donner sa forme définitive.

Chez Cammell, on chauffe la plaque de fer à la température convenable et on la place dans un moule en fer dans lequel on coule de l'acier en fusion qui forme la face dure. On termine ensuite la plaque après solidification.

La meilleure proportion paraît être deux de fer et une d'acier.

Les plaques compound se fabriquent en Angleterre, chez John Brown et Cie et chez Cammell et Cie, en France aux Aciéries de la marine à Saint-Chamond, chez Marrel frères, à la Société de Châtillon et Commentry, en Allemagne aux aciéries de Dillingen, dans la Prusse Rhénane, enfin en Russie à Kolpino près de Saint-Pétersbourg.

La plus grande épaisseur donnée jusqu'ici aux plaques compound est de 0m,48 ; ces plaques pèsent près de 50 tonnes. Les nouveaux cuirassés anglais à barbette ou à tourelle auront des blindages de 0m,455 (18 pouces). Le prix est de 2,100 à 2,400 francs la tonne, rendue dans

un port anglais. L'armure compound des tourelles du cuirassé américain le *Miantonomoh* fournie par Cammell et Cie est revenue aux États-Unis, non compris les droits de douane, à 2,750 francs la tonne.

Depuis l'emploi des blindages sur les navires, on a à diverses reprises étudié la question des plaques d'acier. En Angleterre, Witworth a produit d'excellentes plaques de faible épaisseur, mais on peut dire que jusqu'ici la seule usine qui ait réussi à produire couramment des plaques d'acier est l'usine du Creusot. Cette usine a depuis longtemps étudié cette question et possède des procédés de fabrication et une expérience qui lui assurent la supériorité pour cette production.

D'après Simpson, on emploie des lingots de forme cubique portant sur une face une tête pour ajuster la barre qui sert à les manœuvrer; les lingots sont placés avec leur barre dans un four et, une fois chauds, sont amenés sous le pilon par une grue. Un lingot de 75 tonnes est réchauffé jusqu'à huit fois avant d'avoir atteint la forme définitive; les bords sont affranchis, soit à froid à la machine à raboter, soit à chaud avec des scies circulaires qui peuvent couper jusqu'à $0^m,45$ d'épaisseur. On trempe les plaques à l'huile, mais une grande partie des méthodes de fabrication n'est pas connue.

La plus grande épaisseur obtenue jusqu'ici a été de $0^m,55$; les plaques pèsent jusqu'à 45 tonnes. Le Creusot pourrait faire des plaques de $0^m,80$ pesant 127 tonnes. Les plaques de $0^m,55$ ont généralement $3^m,60$ sur $2^m,40$; elles coûtent environ 2,000 francs la tonne rendue dans un port français.

Le gouvernement français a demandé récemment à MM. Schneider et Cie des propositions pour fourniture de blindages en acier pour fortifications.

Lorsqu'on fait des fournitures de plaques de blindage, l'usage est de diviser la fourniture en plusieurs lots dans chacun desquels on choisit une plaque à éprouver, les essais se faisant au compte du gouvernement qui a fait la commande.

Le mode d'essai varie suivant les pays, mais on peut dire que si, en Angleterre, la tendance est actuellement de rendre ces essais moins sévères, elle est au contraire en France et en Italie de les aggraver de plus en plus.

Dans le premier de ces pays, on a admis depuis quelques années qu'une plaque compound peut avoir 20 0/0 d'épaisseur de moins qu'une plaque en fer à résistance égale et on a adopté comme conditions d'épreuves celles qui amèneraient la perforation d'une plaque de fer de 20 0/0 plus épaisse que la plaque compound. On tirait à 90 mètres de distance trois projectiles sur la plaque, chacun frappant à trois points d'un triangle équilatéral, dont les côtés ont $0^m,610$ (2 pieds) de longueur, tracé au milieu de la plaque. Le premier projectile ne devait pas déterminer de fissures et aucun des trois ne devait traverser la

plaque. Aujourd'hui on ne tire plus qu'un seul coup au centre de la plaque.

En France, les conditions actuelles d'épreuves sont trois projectiles d'une énergie suffisante pour traverser une plaque de fer de même épaisseur que la plaque compound, plus un matelas en bois de chêne d'une épaisseur deux fois et demie. Ces projectiles sont tirés aux extrémités d'un triangle dont les côtés représentent 2 1/2 calibres ; aucun d'eux ne doit traverser les plaques.

En Italie on a fréquemment modifié les conditions d'épreuves ; pour l'*Italia*, blindé en 1883 avec des plaques compound de $0^m,48$, de fabrication anglaise, on a exigé le tir d'un projectile capable de traverser une plaque de fer de 25 0/0 plus épaisse, dirigé au centre de la plaque. Le projectile ne devait point traverser.

Pour le *Lepanto*, auquel le Creusot est en train de livrer des plaques d'acier de $0^m,48$ d'épaisseur, on tire trois coups aux trois sommets d'un triangle dont les côtés ont 2 fois 1/2 le diamètre du projectile. Ces projectiles doivent avoir l'énergie suffisante pour traverser une plaque de fer de 25 0/0 plus épaisse que les plaques à éprouver.

En raison du coût élevé de ces épreuves (plus de 75,000 francs), le gouvernement italien n'essaye que deux plaques sur la fourniture entière qui est de 1,800 tonnes, mais il exige que le fournisseur donne quatre échantillons tirés de chaque plaque, et que les résistances, allongements et limites d'élasticité de ces échantillons, soient les mêmes que celles des éprouvettes tirées des plaques soumises aux épreuves de tir. (*A suivre.*)

Chemins de fer en Europe.— Le tableau de la page suivante indique la manière dont les chemins de fer exploités se répartissaient à la fin de 1883 entre les divers pays de l'Europe, par rapport, soit à la population, soit à la superficie.

On voit que le rang occupé à ces deux points de vue est souvent très différent, ce qui tient au plus ou au moins de densité de la population. La France occupe le même rang, le sixième, sous les deux rapports.

Chemin de fer du Corcovado. — Tout près de Rio-de-Janeiro et touchant par sa base à un faubourg de cette ville, s'élève un cône de granit isolé, le Corcovado, du sommet duquel, à 700 mètres au-dessus de la mer, on a une vue splendide sur la rade et les environs de la capitale du Brésil. Un chemin de fer à crémaillère du système Riggenbach, commencé en mars 1883 et terminé en octobre 1884, rend le Corcovado facilement accessible.

La ligne part du faubourg de Larangeiras à 36 mètres d'altitude et arrive à 670 mètres au sommet. La longueur totale est de 3,792 mètres; les inclinaisons varient de 4 à 30 0/0 ; la largeur de la voie est de

PAYS	NOMBRE DE KILOMÈTRES EXPLOITÉS		RANG	
	PAR 10,000 habitants	PAR myriamètre carré	PAR RAPPORT A LA POPULATION	PAR RAPPORT A LA SUPERFICIE
	kilom.	kilom.		
Suède.....	14.0	1.4	1	12
Suisse.....	9.8	6.8	2	3
Danemark,.....	9.1	4.7	3	7
Grande-Bretagne...	8.5	9.5	4	2
Norwège.....	8.2	»	5	»
France.....	7.9	5.6	6	6
Allemagne.....	7.9	6.6	6	5
Belgique.....	7.7	14.5	7	1
Pays-Bas et Luxembourg.	6.0	7.1	8	4
Autriche-Hongrie..	5.4	3.3	9	8
Espagne.....	4.9	1.6	10	11
Portugal.....	3.6	1.7	11	10
Italie.....	3.3	3.2	12	9
Russie.....	3.0	0.5	13	13

1 mètre, elle est établie en rails Vignoles d'acier, pesant 20 kilogrammes le mètre, posés par longueurs de 9 mètres ; les traverses sont en bois du pays ; la crémaillère est du type classique du Rigi et pèse 56 kilogrammes le mètre.

Le profil peut-être apprécié grossièrement par la répartition suivante des stations :

Stations.	Distance de l'origine.	Altitude.
Cosme Velho	0	36.90
Sylvestre.	1.115	218.07
Paineiras.	2.706	464.21
Alto do Corcovado .	3.792	670.40

Il y a de nombreux ouvrages d'art, consistant principalement en murs de soutènement, viaduc en bois, ponts en tôle et viaduc en fer à trois travées, d'une longueur totale de 130 mètres, pour le passage de la vallée de Larangeiras ; ce viaduc affecte en projection horizontale la

forme d'une ligne brisée pour s'accommoder à une courbe en S que décrit la voie ; de plus il est en rampe de 25 0/0. Les piles sont métalliques et reposent sur des soubassements en granit.

Le matériel roulant comprend deux locomotives à chaudières inclinées, deux wagons contenant cinquante places et deux fourgons. Le trajet demande cinquante-cinq minutes. Ces renseignements sont extraits du *Schweizerische Bauzeitung*.

Application du potassium. — Nous trouvons dans l'*Engineering News* une singulière et ingénieuse application du potassium métallique. On avait besoin pour les travaux d'assainissement de la ville de Boston de connaître les variations de la nappe souterraine.

On enfonça dans le sol un certain nombre de tubes métalliques de petit diamètre et on mesurait deux fois par jour le niveau de l'eau dans ces tubes. Ce mesurage s'opérait de la manière suivante : on descendait avec précaution dans le tube une tige graduée terminée par un bouchon portant une aiguille dans la pointe de laquelle était fixé un petit morceau de potassium métallique. Dès que le potassium touchait la surface de l'eau, il se produisait une petite explosion dont le bruit et la lueur prévenaient l'observateur qui n'avait qu'à lire sur la tige graduée la distance du niveau de l'eau au sommet du tube.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

AVRIL 1886

Rapport de M. SEBERT sur une **machine à fabriquer les carcasses pour couronnes d'immortelles** de M. GELLIT.

La fabrication des couronnes d'immortelles a une certaine importance ; la fleur se cultive principalement dans l'arrondissement de Toulon qui en produit annuellement pour une somme de 250,000 francs.

Les carcasses de couronnes, sur lesquelles les fleurs sont simplement cousues jointives, se faisaient primitivement en enroulant autour d'un pot à fleur renversé un toron de paille que l'on entourait avec de la ficelle.

M. Gellit a réussi à reproduire mécaniquement cette fabrication au moyen d'une filière tournante dans laquelle on attache un toron de paille qui est peu à peu entraîné pendant que la filière, en tournant, entraîne autour de lui un fil qui le consolide.

D'autre part un guide, en forme de gouttière circulaire, de diamètre convenable, force le toron à prendre la forme d'un cercle et ramène bientôt ainsi son extrémité à l'entrée de la filière, où elle s'engage de nouveau en complétant la couronne.

M. Gellit fabrique quinze numéros de couronnes de $0^m,30$ à 1 mètre de diamètre. Chaque machine peut fabriquer par jour 75 douzaines de carcasses dans les moyennes grandeurs, de sorte que cinq machines semblables donnent une production moyenne annuelle de 20,000 douzaines de couronnes d'une valeur de 45,000 francs.

Rapport de M. ROSSIGNEUX sur le **Mégagraphe** de M. Gémy.

Cet instrument a pour objet de permettre le tracé des épures en grandeur naturelle pour les travaux de construction. C'est une planche à dessiner verticale, articulée à sa base, ce qui permet de l'incliner à volonté ; sur cette table passe une toile sans fin recouverte de fort papier sur lequel se fait le tracé de l'épure ; des rouleaux permettent de monter le papier ou de le descendre suivant le point sur lequel on opère.

Sur les côtés de la planche se trouvent des règles graduées pour mesurer l'écartement des lignes horizontales qu'on trace à l'aide d'une règle maintenue horizontale. Le tracé des lignes verticales se fait à

l'aide d'une règle maintenue sur les bords de la planche par des bras formant parallélogramme.

Cet appareil commence à être très employé; il a rendu notamment de grands services pour les travaux de l'Hôtel de Ville de Paris où M. Ballu en avait employé quatre.

Rapport de M. Ed. Simon sur une **machine à mesurer et enrouler les tissus**, de M. C. X. Vincent.

Cet appareil a pour but d'effectuer simultanément le mesurage et l'enroulage des tissus autour d'une planchette. La partie intéressante est dans une disposition qui donne au cylindre mesureur un mouvement accéléré de manière à lui faire débiter plus d'étoffe dans le même temps et par suite à empêcher toute traction sur la pièce entre l'enrouleur et le mesureur; on conçoit en effet que l'enroulement obligeant à tendre l'étoffe, le mesurage se trouverait faussé si la traction se faisait sentir à l'endroit du mesurage, L'emploi de cette machine construite par MM. Pierron et Dehaitre procure une économie notable.

Discours prononcés aux obsèques de M. F. Le Blanc par M. C. Vincent et par M. Berard, membre du Conseil de la Société d'encouragement.

Notice biographique sur F. Bapterosses, manufacturier à Briare, par M. E. Dumas.

Lampe de mines Wolf à allumage intérieur, communication de M. Haton de la Goupilière.

Le rallumage se produit dans cette lampe d'une façon fort ingénieuse et sans ouverture de la lampe par l'explosion d'un pois fulminant qui allume des vapeurs d'essence de benzine. Cette explosion se produit par la pression d'un bouton.

Note sur le **montage des rotondes de 90 mètres** du chemin de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée, par M. Hallopeau *(Extrait de la Revue générale des chemins de fer)*.

Exportation de l'Allemagne en Turquie. Fils et tissus (traduit du *Leipziger monatschrift für textile industrie)*.

Note sur les **machines à essayer les huiles.**

Les **industries métallurgiques** aux États-Unis (Extrait du *Journal of the Society of chemical Industry*).

Quelques particularités de la **composition des terrains**, avec résultats d'expériences démontrant les causes de la fertilité des prairies du Manitoba, par J.-B. LAWE et J.-H. GILBERT.

Nouveau mode de mesure des courants électriques, par M. F. de Lalande *(Comptes rendus de l'Académie des sciences)*.

Nouveau procédé de **fabrication du gaz hydrogène**, par MM. HEMBERT et HENRY *(Comptes rendus de l'Académie des sciences)*.

Patine noire inaltérable pour couvrir le fer *(Revue scientifique)*.

Vernis pour fils de machines dynamo-électriques *(Revue scientifique)*.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

MARS 1886

Application de la méthode rationnelle aux études dynamométriques. — Appareils et procédés d'expérience. — Résultats obtenus dans l'étude de la résistance des trains par M. DESDOUITS, ingénieur de la marine, adjoint à l'ingénieur en chef du matériel et de la traction des chemins de fer de l'État.

L'auteur considérant que le frein de Prony est inapplicable sur les machines locomotives, que l'indicateur de Watt ne permet pas d'apprécier les efforts effectifs ou les résistances, et qu'enfin le dynamomètre de traction exige des installations spéciales plus ou moins compliquées et encombrantes, a cherché à remplacer ces instruments par une méthode expérimentale basée sur la mesure des accélérations.

Le dynamomètre à force d'inertie se compose d'un pendule pouvant osciller dans un plan parallèle à la direction du mouvement; la position du pendule est enregistrée sur un papier qui se déroule dans un sens perpendiculaire au plan d'oscillation du pendule, par un style dont la pointe trace un diagramme dont les ordonnées représentent proportionnellement l'accélération à chaque instant.

Cet appareil a été étudié et construit sous sa forme pratique par M. Paul Garnier.

On conçoit que si l'appareil est placé en un point quelconque d'un système en mouvement, tel qu'un train de chemin de fer, et orienté

dans le sens de la marche, et que le train étant en marche régulière, on ferme le régulateur, on aura une ordonnée qui fait connaître l'accélération négative et, par suite, la résistance par unité de poids du système entier pour la vitesse considérée.

Ce mode d'investigation exige comme corollaire l'observation des espaces en fonction du temps, qui comprend le repérage des distances et l'enregistrement des temps correspondant aux passages successifs en face des points repérés. La mesure du temps s'opère très facilement et très exactement, au moyen du compteur chronographe ou compteur à pointage.

Le mémoire décrit l'application du principe de l'accélération à un indicateur dans lequel on obtient un diagramme auquel il a suffi d'appliquer la règle générale de double différentiation pour reconstituer le diagramme de l'indicateur ordinaire. Il décrit également un tachymètre hydrostatique pour la mesure des vitesses, dans lequel l'action de la force centrifuge sur un vase à axe vertical contenant un liquide détermine, au centre, un abaissement de niveau que mesure un flotteur. Cet instrument peut être rendu enregistreur.

La seconde partie est relative à la résistance des trains. Elle étudie d'abord la résistance des machines pour laquelle on a employé deux méthodes, celle du dynamomètre d'inertie et celle du compteur chronographe.

Dans la première, on ouvre doucement le régulateur de manière à obtenir une vitesse de 10 kilomètres environ, puis on le ferme vivement et on laisse la machine se ralentir et s'arrêter d'elle-même. Le diagramme obtenu permet de mesurer la résistance totale moyenne.

Dans la seconde méthode, la machine étant, comme plus haut, lancée à une faible vitesse, puis abandonnée à elle-même, on compte les tours de roues par pointage, et la détermination de l'accélération moyenne permet de trouver la résistance ; il y a dans ce second cas des précautions spéciales à prendre pour que les résultats ne soient pas viciés par des influences telles que l'état de la machine, celui de la voie, de l'atmosphère, etc.

Sans entrer dans le détail des expériences, nous nous bornerons à reproduire le tableau qui donne les résistances par tonne de machine et tender de divers types des machines du réseau de l'Etat.

MACHINES	TIROIRS PLATS COULISSE STEPHENSON	TIROIRS CYLINDRIQUES	
		STEPHENSON	WALSCHAERTS
Machine de vitesse 4 roues couplées	kilogr. 3.10	kilogr. »	kilogr. 2.60
— mixtes 6 —	3.60	3.60	»
— à marchandises 6 —	4.70	»	»
— — 8 —	»	»	4.10

Le mémoire conclut que l'adoption simultanée du tiroir cylindrique et de la distribution Walschaerts donne une réduction de résistance de 16 p. 100, et que les machines à huit roues couplées ont la plus faible résistance spécifique, malgré la réduction de diamètre des roues et l'augmentation considérable de toutes les dimensions du mécanisme. Dans toutes ces expériences, les chiffres de résistance obtenus sont notablement inférieurs à ceux qu'on attribue généralement aux machines similaires.

Un point des plus intéressants est la résistance de l'accouplement ; des expériences ont été faites sur diverses machines avec bielles d'accouplement montées ou démontées ; les chiffres donnés dans le mémoire semblent indiquer que l'influence de l'accouplement, même pour les machines à huit roues accouplées, est inappréciable.

La résistance des tenders, fourgons, etc., est ensuite examinée, ainsi que celle des trains de voyageurs ou marchandises d'une composition déterminée.

Les expériences précédentes sont relatives à la résistance élémentaire des véhicules supposés sans vitesse ; viennent ensuite les expériences en marche à des vitesses variables où la résistance de l'air joue un rôle considérable. On procède de préférence avec le dynamomètre d'inertie. Les conclusions sont que la résistance des machines, à partir de zéro, croît avec une extrême lenteur ; l'accroissement est à peu près insensible juqu'à 10 ou 15 kilomètres. Aux environs de 30 kilomètres, la résistance double ; elle triple vers 50 ; la loi d'accroissement est celle du carré des vitesses ; au delà, elle croît rapidement. En résumé, la loi du phénomène peut être exprimée par la formule

$$R = a + 6\,v^2 + c\,v^3,$$

dans laquelle $R\tau$ est la résistance en kilogrammes par tonne, a le coefficient de résistance à faible vitesse donné plus haut, 6 un coefficient constant pour les machines ayant à peu près même poids et mêmes formes et c un coefficient variable avec le degré de liberté des tiroirs.

La valeur du coefficient 6 est de 0,002 pour des machines pesant 35 tonnes environ et le coefficient c varie de 0 à 0,000012. Son influence est donc presque toujours négligeable.

On est amené à conclure que la plus grande partie de l'effort dépensé par la machine se remorquant seule est absorbé par la résistance de l'air et, si on atténue cette résistance par l'emploi de formes rationnelles, on peut réduire la dépense de travail provenant de ce chef dans une proportion allant à 15 et 20 p. 100. Des expériences directes faites avec des machines modifiées à ce point de vue ont démontré l'exactitude de ces prévisions.

Une machine peut exercer au démarrage un effort égal aux 85 centièmes de l'effort théorique représenté par la relation ordinaire $P\frac{d^2 l}{D}$; il reste donc une différence de 15 p. 100 ; comme la réduction de surface du diagramme effectif par rapport au diagramme théorique représentant l'effort développé par la vapeur sur les pistons ne dépasse pas 10 p. 100, on doit admettre que la résistance des organes, tout au moins pour les machines à tiroirs cylindriques, n'est que de 5 p. 100. Cette résistance serait à peu près double, soit 10 p. 100, avec les machines à tiroirs plats.

Une machine à grande vitesse développe, à la vitesse de 82 kilomètres à l'heure avec un train de 200 tonnes, un effort de traction de 200×8 kilogrammes $= 1600$ kilogrammes, soit un travail de $1600 \times 22^m,70 = 36320$ kilogrammes ou 484 chevaux ; mais, dans les conditions moyennes du service, le travail effectif ne dépasse guère 300 à 350 chevaux effectifs.

Une observation à faire, pour les trains de marchandises, est que l'interposition de wagons plats en divers points de la longueur augmente considérablement la résistance du train et peut amener celle-ci à être supérieure à celle des trains express.

Il y a d'ailleurs équivalence, sous le rapport de la puissance et de la consommation de combustible, entre les machines à marchandises et les machines à voyageurs pour les mêmes proportions de chaudières et dans les conditions de service moyennes ; pour les unes comme pour les autres, le rendement présente sa valeur la plus favorable dans le cas d'une introduction moyenne (2 à 3 dixièmes) et s'abaisse quand la détente tombe à un chiffre trop faible, ou quand, au contraire, elle est poussée jusqu'à une valeur extrême.

L'influence des courbes, au point de vue dynamique, est peu pro-

noncée, au moins pour les rayons de 500 mètres et au-dessus ; à 500 mètres elle donne lieu à une résistance supplémentaire de 1/2 à 1 kilogramme par tonne, à 800 mètres 1/2 kilogramme ; au delà il n'y a pas d'effet. La longueur du train ne paraît pas avoir d'influence sensible, chaque véhicule intervient pour sa résistance propre ; seulement l'entrée et la sortie donnent lieu à des mouvements de lacets qui peuvent donner lieu à un accroissement notable de résistance.

Le mémoire se termine par deux notes, l'une sur l'application du dynamomètre d'inertie au contrôle de la marche des trains, l'autre sur des observations faites au moyen du dynamomètre d'inertie sur l'action des divers systèmes de freins.

Remarques sur les **efforts élastiques et les vibrations** qui se produisent dans des corps de mêmes dimensions ou seulement semblables, par M. GALLIOT, ingénieur des ponts et chaussées.

Rapport sur **l'explosion d'une chaudière à vapeur** dans la brasserie phocéenne à Marseille.

Cette explosion est survenue le 23 juin 1885 et a tué trois ouvriers et blessé sept autres, en causant des dommages matériels considérables.

La chaudière était horizontale, cylindrique, à foyer intérieur, timbrée à 4 $^1/_2$ kilogrammes ; c'est l'enveloppe extérieure qui s'est déchirée.

Le rapport attribue l'explosion à l'existence de corrosions profondes intéressant la partie inférieure du corps cylindrique et qui se sont produites sur les bords des lignes de rivets au contact de la murette longitudinale. Ces corrosions proviennent des fuites des joints dues à la façon peu soignée des rivures. Des visites consciencieuses auraient permis de reconnaître ces corrosions et les causes permanentes de danger qu'elles présentaient.

L'explosion a été facilitée par un défaut grave de construction consistant en ce que les tôles des deux plus grandes viroles ont été cintrées perpendiculairement au sens du laminage, ce qui réduisait leur résistance.

Note sur **l'explosion d'une chaudière à vapeur** à Roubaix (Nord), par M. ORLY, ingénieur des mines.

C'était une chaudière cylindrique horizontale avec trois bouilleurs, dont l'explosion survenue le 15 décembre 1884 a brûlé six ouvriers dont quatre sont morts à la suite.

Le rapport conclut que l'explosion est due à une fissure existant dans la tôle d'un des bouilleurs qui a cédé ; cette fissure avait été produite par le cintrage de la tôle lors de la construction de la chau-

dière. On avait, à diverses reprises, cherché à aveugler la fuite produite par des matages énergiques dont l'effet était d'aggraver l'importance de la fissure en la transformant en cassure.

Bulletin des **accidents survenus dans l'emploi des appareils à vapeur** pendant l'année 1884.

Les accidents ont été au nombre de 37 qui ont causé la mort de 46 personnes et des blessures à 40 autres. Il s'en est produit 15 sur des chaudières sans foyer intérieur et 16 sur des chaudières à foyer intérieur. Un de ces accidents, celui des forges d'Eurville, contribue à lui seul pour 22 tués et 27 blessés, soit pour les deux tiers.

Au point de vue des causes premières, les explosions se divisent comme suit :

16 pour construction ou disposition défectueuses, 9 pour conditions défectueuses d'entretien, et 22 pour mauvais emploi des appareils ; le nombre total des causes est supérieur à celui des accidents parce que le même accident a été quelquefois attribué à plusieurs causes réunies.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

District de Bourgogne.

SÉANCE TENUE A MONTCHANIN LE 10 AVRIL 1886.

Communication de M. LEVET sur la **pompe française à double effet et à courant continu** actionnée directement par la vapeur ou l'air comprimé.

Le moteur est un cylindre à double effet contenant un piston dont la tige sort par un des fonds à travers un presse-étoupes. La distribution se fait par un tiroir à double coquille que déplacent des pistons sur lesquels la vapeur agit lorsque le piston moteur arrivé à fin de course soulève de petits clapets.

La pompe a deux corps parallèles contenant chacun un piston, ces pistons ont chacun un clapet, mais ces clapets sont disposés en sens inverse ; il n'y a pas, par suite de cette disposition analogue à celle de la pompe Audemar, besoin de clapets fixes.

Communication de MM. RENAULT ET ZEILLER sur la **botanique fossile**, sur **quelques cycadées houillères.**

Communication de M. DE BOISSET sur **l'emploi de l'eau comme explosif.**

L'auteur a fait quelques expériences sur la décomposition de l'eau par l'électricité. Il a fallu employer des tubes de verre très résistants, 600 kilogrammes par centimètre carré. La plus grande difficulté pratique semble être dans l'énorme quantité de force absorbée par la décomposition de l'eau.

Il faut théoriquement six chevaux-vapeur pour décomposer en une heure 1 kilogramme d'eau. M. Gramme a trouvé par expérience qu'on ne pouvait guère compter en pratique que sur 60 grammes par cheval et par heure.

Note sur une **constatation de la présence momentanée d'électricité** dans un puits en fonçage, par M. DEFAIX.

Au puits n° 2 de la Compagnie des mines de Perrecy, on a constaté la production d'étincelles de 3 à 4 centimètres de longueur lorsque les hommes touchaient les conduites de pompes à vapeur installées à 50 mètres de profondeur; les ouvriers recevaient en même temps des secousses. Ces effets ne se produisant pas au jour, on a été amené à conclure que le dégagement d'électricité était produit par la vapeur sortant par les purgeurs et par quelques fuites.

Les fortes chaleurs existant à l'époque où ces faits furent constatés, juin 1885, ont contribué à la production de ce phénomène.

RÉUNION DE SAINT-ÉTIENNE

SÉANCE DU 1er MAI 1886

Communication de M. BROYET sur la **traverse métallique** système Broyet et Delord.

Cette traverse est constituée par un fer à rebords dont les ailes, au lieu d'être enfoncées dans le ballast, se trouvent en dessus. L'assemblage du rail se fait par une cale en fonte et deux griffes serrées par un boulon à clavette.

Note de M. DURAND sur un **incendie souterrain dans une exploitation de minerais pyriteux.**

Communication de M. Zyromski sur la **Dolomie et la magnésie.**

Cette communication est relative à l'emploi de la magnésie pour le pisé ou les briques servant dans les fours ou appareils destinés à la fabrication de l'acier par le procédé basique.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 17. — *24 Avril 1886.*

Machines à effilocher, par Hermann Fischer *(suite)*.

Électro-technique. — Traction électrique des tramways, par Rich. Rühlmann.

Construction navale. — Essais du cuirassé à barbette *Howe*.

Groupe de la Haute-Silésie. — Expériences d'explosion sur une chaudière à eau dans les tubes système Schmidt, construite par Huldschinsky et fils, à Gleiwitz.

Patentes.

Bibliographie. — Croquis relatifs aux leçons sur les appareils de levage données à l'École technique supérieure d'Aix-la-Chapelle, par A. Riedler et F. M. Gütermuth. — Excursions de mécanique technique par A. Riedler et F. M. Gütermuth. — Recherches sur le grisou, par R. Otto.

Variétés. — Lancements et essais de navires.— Importation et exportation de machines et matériel de transport pour l'association douanière allemande en 1885.

N° 18. — *1er Mai 1886.*

Houillères de Silésie, par Zander.

Mines. — Exploitation des houillères royales de Saarbruck, par R. Nasse *(suite)*.

Machines à travailler le bois.

Groupe du Rhin inférieur. — Filtre rapide de Piefker. — Influence du phosphore, du soufre et du cuivre dans la fonte brute.

Protection des secrets de fabrique.

Circulation de l'eau dans les chaudières à vapeur.

Exposition de l'industrie allemande à Berlin en 1888.

Association des chemins de fer. — Chemins de fer aériens aux États-Unis.

Patentes.

Bibliographie. — Précaution contre le grisou, de Franz Wodiczka. — Manuel de géodésie, de Fr. Hartner.

Correspondance. — Diagrammes d'expansion dans les machines à plusieurs cylindres. — Théorie de la combustion dans les moteurs à gaz.

Variétés.— Lancements et essais de navires.— Compteurs électriques. — Production, importation et exportation des fontes brutes dans l'empire d'Allemagne en 1885.

N° 19. — *8 Mai 1886.*

Protection des secrets de fabrique.

Machines à effilocher, par Herm. Fischer *(fin)*.

Machines à vapeur sans foyer.

Machine à essayer les métaux de H. et L. Le Chatelier.

Groupe de Breslau. — Usine Marie à Kotzenau et usine Guillaume à Sprottau.

Groupe de la Lenne. — Gaz à l'eau.— Petites installations Bessemer.

Groupe du Rhin moyen. — Houillères de la Haute-Bavière.

Patentes.

Bibliographie. — Manuel de la théorie mécanique de la chaleur, du docteur Richard Rühlmann. — Graissage des locomotives et wagons, de J. Grossmann.

Correspondance. — Étude graphique des régulateurs à force centrifuge.

Variétés. — Réunion à Dortmund des délégués des *realschule.* — Fondation d'un établissement pour l'application des sciences naturelles à l'industrie. — Nouvelles corvettes cuirassées de la marine chinoise.

N° 20. — *15 Mai 1886.*

Expériences sur le fonctionnement des clapets de pompes, par C. Bach.

Groupe de Francfort. — Chauffage sans foyer et ventilation de l'Opéra de Francfort-sur-le-Mein.

Groupe de Saxe-Anhalt. — Protection des secrets de fabrique.— Ét actuel de la construction des moteurs à gaz.

Groupe de Sleswig-Holstein. — Essais de résistance dans les usines d la Compagnie des aciéries d'Écosse.

Patentes.

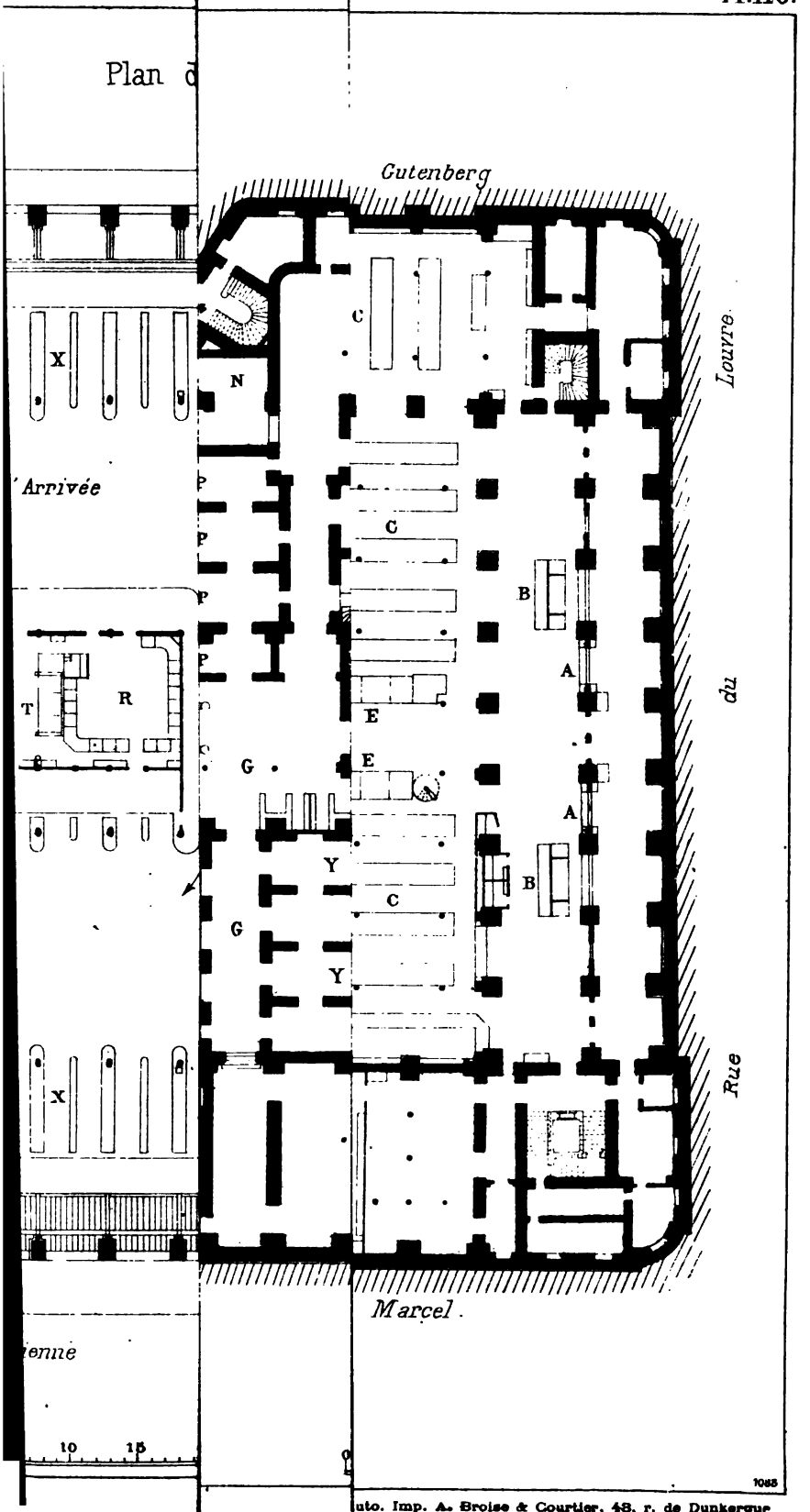
Bibliographie. — Historique de la construction des instruments d'op que jusqu'à nos jours, par Servus. — Chemins de fer pour l'exploit tion des forêts, par Adol. Runnebaum.

Variétés. — Lancements et essais de navires. — Application des r cherches microscopiques à l'étude des matériaux de construction, l'établissement d'essais chimiques et technologiques à Berlin.

Le Rédacteur de la Chronique,

A. MALLET.

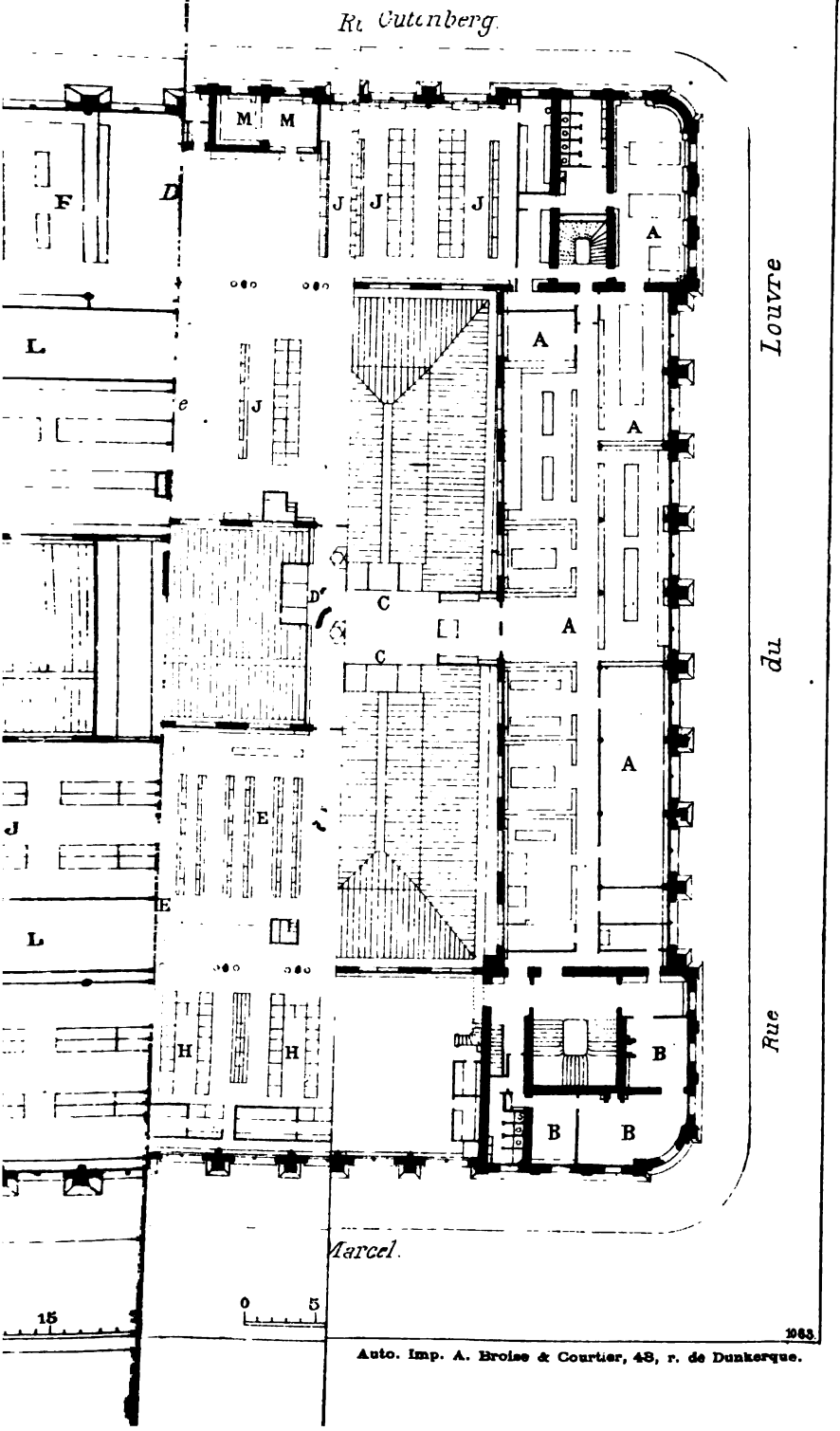
PARIS. — IMPRIMERIE CHAIX, 20, RUE BERGÈRE — 12639 6.



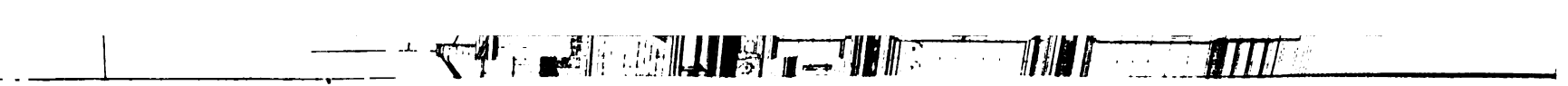
uto. Imp. A. Broise & Courtier, 48, r. de Dunkerque

Plan

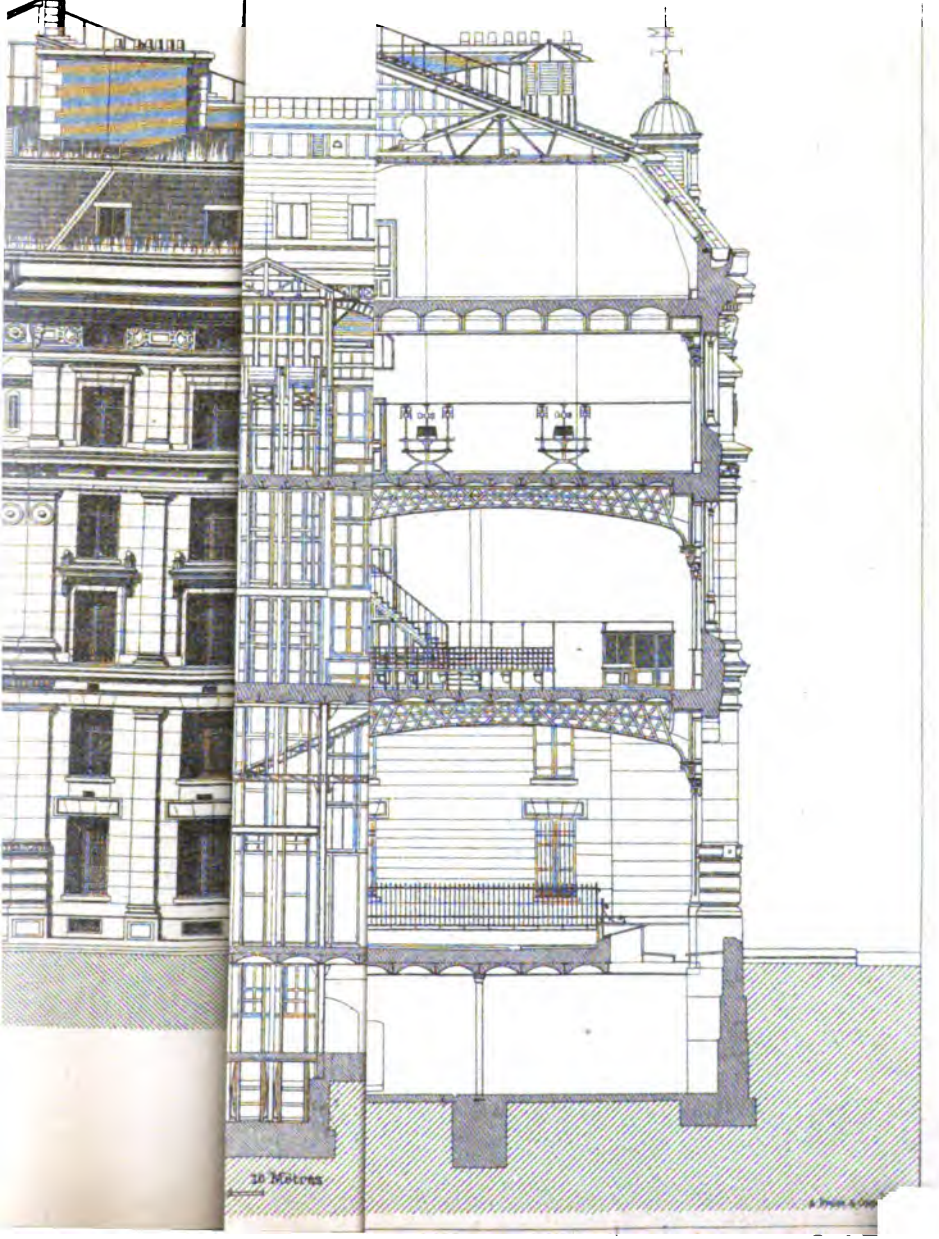
e.



Auto. Imp. A. Broise & Courtier, 48, r. de Dunkerque.



Coupe



MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

JUIN 1886

N° 6

Sommaire des séances du mois de juin 1886.

1° *Concours relatif à la future Exposition universelle.* (Séance du 4 juin, p. 582.)

2° Lettre de M. Mékarski relative à la Communication de M. Piarron de Mondésir sur les *moteurs à air raréfié.* (Séance du 4 juin, p. 583.)

3° *Congrès international de navigation intérieure* tenu à Vienne. (Séance du 4 juin, p. 585.)

4° *Chemin de fer Métropolitain*, par M. Boudenoot. (Séance du 4 juin, p. 586.)

5° *Organisation du marché du travail*, par M. Georges Salomon. (Séance du 4 juin, p. 588 et 666.)

6° *Améliorations à apporter dans le port du Havre.* (Discussion. Séance du 4 juin, p. 592 et 618.)

7° *Exposé de la situation financière de la Société*, par M. le Trésorier. (Séance du 18 juin, p. 604.)

8° Médaille d'or décernée à M. Berthelot, pour son mémoire sur les *forces mutuelles et de leurs applications aux phénomènes mécaniques, physiques et chimiques.* (Séance du 18 juin, p. 608.)

9° *Emploi de la règle logarithmique aux calculs de terrassements*, par M. Le Brun. (Séance du 18 juin, p. 608.)

10° *Exposition d'hygiène urbaine*, par M. Emile Trélat. (Séance du 18 juin, p. 613.)

11° *Sécurité des voyageurs en chemin de fer*, par M. Doux. (Séance du 18 juin, p. 614.)

12° *Origines de l'alchimie.* (Analyse de l'ouvrage de M. Berthelot sur les), par M. Vlasto. (Séance du 18 juin, p. 616.)

13° *Service hydraulique de la ville de Genève.* (Médaille commémorative. Séance du 18 juin, p. 617.)

Pendant le mois de juin, la Société a reçu :

De l'*Association des propriétaires d'appareils à vapeur*, un exemplaire du *Compte rendu des séances de leur 9e Congrès ;*

De M. Paul Barbe, membre de la Société, des exemplaires d'une note sur la *Question du grisou*, traduite de l'allemand ;

De M. Caillé, membre de la Société, une note sur l'*Acier à rails et sur la durée des rails d'acier ;*

De M. Vivarez (Henri), membre de la Société, un exemplaire de son ouvrage intitulé : *Le mouvement scientifique et industriel en 1885 ;*

De MM. Cadiat et Dubost, membres de la Société, un exemplaire de leur ouvrage intitulé : *Traité pratique d'électricité industrielle ;*

De M. Leloutre (Georges), membre de la Société, un exemplaire de ses ouvrages intitulés : 1° *Les transmissions par courroies, cordes et câbles métalliques ;* 2° *Du degré d'exactitude des données d'observation d'un essai de machine à vapeur* (réponse à M. A. Hirn); 3° Vérification d'une *série d'essais sur une machine de Woolf ;*

De M. Poupard aîné, un ouvrage traduit de l'anglais, sur « *la plomberie au point de vue de la salubrité des maisons*, par M. S. Stevens Hellyer (Texte et planches) ;

De la *Société nationale des sciences et des arts industriels*, le *Programme général de la première Exposition internationale 1886 pour le perfectionnement et le développement de l'industrie française ;*

De M. A. Bandsept, membre de la Société, un exemplaire de sa brochure sur le *Mouvement-limitation ;*

De M. Kowalski, membre de la Société, deux exemplaires d'une note sur l'emploi des *Traverses métalliques;*

De M. Studer, membre de la Société, un exemplaire du *Plan en relief de la ville de Vienne en 1830* et trois exemplaires du *Plan de cette même ville en 1880 ;*

De M. Louis Rouvière, un exemplaire de sa conférence intitulée : *Nuevos Horizontes en ciencia y in industria bases de prosperidad de las naciones ;*

De M. Mesureur, membre de la Société, un exemplaire du volume intitulé : *la Plomberie au point de vue de la salubrité des maisons*, par M. Stevens Hellyer, ingénieur anglais. Traduit par M. Poupard ;

De M. Le Brun Reymond, un mémoire sur l'emploi de la *Règle logarithmique aux calculs de terrassements.*

Les membres nouvellement admis sont :

MM. Bon, présenté par MM. Langlois, Tresca A. et Tresca G.
Dunin, — Rubin, Verdeaux et Vergnol.
Petot, — Langlois, Tresca A. et Tresca G.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE JUIN 1886

Séance du 4 Juin 1886

PRÉSIDENCE DE M. CONTAMIN, VICE-PRÉSIDENT

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 21 mai est approuvé.

M. LE PRÉSIDENT annonce que M. Hersent parti pour l'Algérie, l'a prié d'excuser son absence et de faire agréer à la réunion tous ses regrets de ne pouvoir présider la très intéressante discussion qui doit avoir lieu ce soir.

M. LE PRÉSIDENT a reçu l'avis du décès de M. Fellot, l'un de nos plus anciens collègues, qui faisait partie de notre Société depuis 1856; cette nouvelle lui est parvenue trop tard pour qu'il lui ait été possible de réunir les renseignements permettant de retracer sa vie, mais, M. le Président espère que l'un de nos collègues de la Compagnie du Midi pourra fournir les éléments d'une notice qui trouvera place dans l'un de nos prochains Bulletins.

M. LE PRÉSIDENT annonce que Mme Marché, veuve de notre ancien collègue et regretté Président, Ernest Marché, a offert à la Société une cinquantaine de volumes provenant de la bibliothèque de son mari. La Société, par l'intermédiaire de son bureau, remerciera Mme Marché du témoignage de reconnaissance et de sympathie qu'elle vient de lui donner.

M. LE PRÉSIDENT est heureux de pouvoir appeler l'attention de la Société sur les succès remportés par trois de ses membres dans le concours relatif à la future exposition universelle : M. Eiffel, l'un de

nos vice-présidents a obtenu un premier prix et M. Pierron un troisième prix et M. Raulin a obtenu également un prix. M. le Président félicite, au nom de la Société nos trois collègues des récompenses si méritées qui viennent de leur être accordées et qui les honorent eux et le Génie civil. *(Applaudissements).*

M. LE PRÉSIDENT ajoute que la Société des Ingénieurs civils vient d'être l'objet, dans la personne de trois autres de nos collègues, d'une nouvelle distinction ; elle est représentée, par trois de ses membres, dans la grande commission chargée d'examiner les projets du concours pour l'Exposition de 1889. Ces membres ont été nommés, l'un M. Périssé, en sa qualité de vice-président de notre Société, l'autre, M. Armangaud jeune, comme membre de notre comité et M. Charton. Cet hommage rendu au Génie civil et le témoignage public de l'importance des services rendus par notre Société à l'industrie nationale ne peuvent que nous flatter. *(Applaudissements.)*

M. LE PRÉSIDENT donne lecture de la lettre suivante, de M. Mékarski :

« Monsieur le Président,

» Je viens de recevoir la livraison de décembre 1885 des comptes rendus de la Société et d'y lire le travail de M. Piarron de Mondésir sur les moteurs à air raréfié.

» Ce travail est suivi d'un appendice, dont je n'avais pas encore eu connaissance, où notre honorable collègue discute les deux propositions énoncées dans ma lettre du 27 novembre 1885, admettant la première et repoussant la seconde.

» Je crois devoir vous adresser à ce sujet quelques observations qu'il me paraît utile de présenter à nos collègues pour ne pas laisser s'accréditer par mon silence une idée dont il est bien facile d'établir l'inexactitude.

» Je regrette pour M. de Mondésir que sa nouvelle théorie soit en contradiction avec la thermodynamique, mais les lois de celle-ci sont assez bien établies pour que je puisse me dispenser de chercher un autre guide. Or, ma proposition n'est que l'énoncé d'une de ces lois.

» Elle revient à dire, en effet, que l'écart de température résultant de la compression d'une masse d'air prise à une pression quelconque p_0 et amenée à une autre pression p est le même pour deux valeurs égales du rapport $\frac{p}{p_0}$.

» Cela est évident pour quiconque admet, avec les auteurs, que le rapport des températures absolues $\frac{273 + t}{273 + t_0}$ est égal au rapport des pressions, élevé à la puissance $0{,}29 = \frac{\gamma - 1}{\gamma}$, γ étant le rapport des capacités calorifiques à pression constante et à volume constant.

» On peut écrire, en effet :

$$t - t_0 = (273 + t) - (273 + t_0)$$

$$= 273 + t_0 \left(\frac{273 + t}{273 + t_0} - 1\right) = 273 + t_0 \left[\left(\frac{p}{p_0}\right)^{0.29} - 1\right]$$

» Comme d'ailleurs le travail dépensé pour la compression a pour expression

$$T_\gamma = Ac\,(t - t_0) \qquad (1)$$

» sa valeur ne dépend évidemment que du rapport $\frac{p}{p_0}$ en supposant t_0 constant. Il en résulte bien que pour extraire d'une canalisation 1 kilogramme d'air à la pression de $\frac{1}{4}$ d'atmosphère et refouler cette masse à l'extérieur, il faut employer autant de force que pour refouler dans une canalisation à 4 atmosphères 1 kilogramme d'air atmosphérique.

» Il est bon de rappeler que l'expression (1) ci-dessus tient compte du travail de refoulement et du travail utile de la pression à laquelle l'air est aspiré par le compresseur.

Le travail de compression proprement dit a pour valeur

$$T_c = Ac'\,(t_0 - t) \qquad (2)$$

Le travail de refoulement est vp : celui de la pression du milieu .Or l'on sait que

$$vp = A\,(c - c')\,(273 + t) \qquad \text{et} \qquad Vp_0 = A\,(c - c')\,(273 + t_0)$$

» Donc

$$vp - Vp_0 = A\,(c - c')\,(t - t_0) \qquad (3)$$

» Ajoutant cette valeur à celle du travail de compression on retombe sur l'expression (1).

» Les choses se passant, dans la détente, exactement à l'inverse, les mêmes explications justifient ma première proposition, à savoir : que 1 kilogramme d'air à 4 atmosphères agissant sur un piston soumis sur son autre face, à la pression atmosphérique, produit exactement autant de travail, sous un volume 4 fois moindre, qu'un kilogramme d'air atmosphérique agissant sur un piston derrière lequel on maintient un vide de $\frac{3}{4}$ d'atmosphère.

» Je puis ajouter, et cela ressort de ce qui précède, que, dans les mêmes conditions d'expansion, l'abaissement de température est identique.

» Si ce refroidissement est moins gênant dans les moteurs à air

raréfié que dans ceux à air comprimé, cela ne peut provenir que de la plus grande dimension du moteur, dans le premier système, à puissance égale. On peut admettre effectivement que cette circonstance favorise le rayonnement calorifique interne et maintient les enveloppes à une température moyenne plus différente de celle du fluide en action.

» Veuillez bien agréer, Monsieur le Président, l'expression de mon respectueux dévouement.

» L. MÉKARSKI. »

M. LE PRÉSIDENT ajoute que la lettre de M. Mékarski ne peut donner lieu à une discussion ce soir, l'ordre du jour étant très chargé.

M. LE PRÉSIDENT annonce que la Société nationale des Sciences et des Arts industriels organise sa première Exposition internationale qui doit avoir lieu dans le Palais de l'Industrie, au mois de juillet prochain ; les membres qui voudraient prendre part à cette Exposition trouveront le programme général au siège de notre Société.

Il a reçu aussi une lettre du comité du congrès de navigation qui doit avoir lieu cette année à Vienne, lettre que M. Fleury a bien voulu traduire et qu'il va avoir l'obligeance de nous résumer.

M. FLEURY rappelle que l'année dernière, il y a eu à Bruxelles un Congrès de navigation, qui a assez bien réussi : il y est venu beaucoup de monde, on a fait des excursions intéressantes, ce qui a encouragé les promoteurs de cette idée à fixer un Congrès du même genre à Vienne, cette année.

L'organisation en a été très bien faite par des Ingénieurs éminents de Vienne, sous le patronage du prince héritier l'archiduc Rodolphe. Le Comité a adressé à la Société des Ingénieurs civils une lettre par laquelle il l'invite à se faire représenter à ce Congrès,

Les questions qui doivent y être traitées sont comprises sous les titres généraux suivants :

1° Utilité industrielle des canaux intérieurs ;

2° Détermination des profils normaux pour les canaux, et des dimensions que doivent avoir les berges des canaux artificiels ;

3° Organisation du trafic sur les canaux ;

4° Enfin, construction des canaux latéraux.

Voilà les questions que le Comité désire voir traiter d'une façon spéciale.

En même temps, le Congrès procure de grandes facilités pour visiter les travaux d'Autriche et de Hongrie ; il permettra aussi de faire à l'aller une excursion sur le Rhin, et de visiter les travaux de canalisation du Mein. Le programme de cette partie du voyage a été dressé par M. Gobert, l'organisateur si actif, si dévoué du Congrès de Bruxelles ; toutes les parties de ce programme sont minutieusement étudiées.

Ainsi, le voyage qu'il propose de faire consiste à partir de Cologne en bateau, pour remonter le Rhin jusqu'à Mayence ; de Mayence on irait jusqu'à Francfort, en visitant les travaux de canalisation du Mein, on sera accompagné dans cette excursion par M. Düsig, l'éminent ingénieur qui a dirigé ces travaux, et qui met gracieusement un bateau à vapeur à la disposition des membres du Congrès. De Francfort on passera à Nuremberg, et de là, à Ratisbonne, en chemin de fer. Là, on doit trouver un bateau, retenu à l'avance par M. Gobert, et on doit aller jusqu'au canal de l'Inn, qui relie le Danube au Rhin ; on gagnera ensuite Passau et Linz, et de Linz on ira sur le Danube jusqu'à Vienne : c'est une des plus belles parties du fleuve ; elle ne le cède en rien au Rhin entre Mayence et Cologne, soit au point de vue du pittoresque, soit à celui des souvenirs historiques. C'est donc un très beau voyage, à tous les points de vue.

Ensuite, après le Congrès, il y a toute une série d'excursions préparées pour aller à Pest, et même jusqu'à Belgrade. M. Gobert, qui pense à tout, donne même le chiffre approximatif des dépenses ; il suppose que cela ne coûtera pas plus de 600 francs environ par personne. Il a adressé une circulaire à ceux d'entre nous qui étaient l'an dernier au Congrès de Bruxelles, et cette circulaire vient comme un complément utile de la lettre officielle adressée par le Comité de Vienne, lettre à laquelle notre Président répondra, et, s'il me fait l'honneur de me charger de sa réponse, comme je dois aller à Vienne, je serai très flatté de la distinction dont la Société voudra bien m'honorer, en m'autorisant à la représenter à ce Congrès.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Fleury, au nom de la société, et accepte son offre avec beaucoup de reconnaissance. Il serait heureux de voir quelques-uns de nos collègues pouvoir se joindre à lui.

M. FLEURY ajoute que M. Nordling, qui est présent à la séance, et qui peut parler de l'Autriche en connaissance de cause, vient de lui assurer qu'il s'agit là d'un magnifique voyage.

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. Boudenoot qui a à faire une communication de quelques instants seulement.

M. BOUDENOOT. — Je voudrais, Messieurs, si vous y donnez votre assentiment, demander à notre honorable Président s'il ne jugerait pas bon de mettre à l'ordre du jour d'une de nos prochaines séances la discussion sur le chemin de fer métropolitain.

Je n'ai pas besoin de rappeler que notre Société a déjà entendu, à plusieurs reprises, des communications très intéressantes sur ce sujet. Les auteurs des divers projets de Métropolitain ont, en effet, tenu à honneur de venir les présenter à la Société des Ingénieurs Civils.

Les discussions auxquelles ces projets ont donné lieu ici ont été très nourries et très brillantes, grâce à la compétence et au savoir des divers membres qui y ont pris part. Nous avons vu produire, à cette

occasion, des remarques originales et des aperçus nouveaux, tant à propos des projets déposés eux-mêmes, qu'à propos des travaux analogues déjà exécutés en Angleterre, en Allemagne, et en Amérique.

Peut-être qu'en se reportant à ces nombreuses communications et discussions que je rappelle en bloc sans citer aucun nom (car la liste des noms à citer serait trop longue, et je craindrais de commettre des oublis que je serais le premier à regretter); peut-être, dis-je, qu'en se reportant à tout cela, plusieurs d'entre nous trouveront que « tout a été dit » sur la question.

La discussion n'a pas été close cependant, et, depuis le mois de novembre dernier, elle n'a pas été reprise. Or je crois, pour ma part, que tout n'a pas été dit, et vous partagerez peut-être cet avis qu'il y a encore sur ce point matière à des débats utiles, surtout à l'heure actuelle, si vous songez que la question vient d'entrer dans une phase nouvelle par suite du dépôt du projet de loi que M. le Ministre des travaux publics a récemment apporté au Parlement.

On ne peut pas dire que ce projet soit bien nouveau; car il emprunte quelque chose à tous ceux qui l'ont précédé, soit au point de vue du tracé, soit au point de vue des combinaisons techniques et financières; mais on ne peut pas dire non plus qu'il soit la copie exacte d'un quelconque des projets antérieurs.

Tel qu'il est, il me semble pouvoir servir de base à une discussion plus serrée et plus précise que celles que nous avons eues précédemment sur des projets qui n'avaient pas reçu, comme celui dont je parle, une sorte de consécration officielle et gouvernementale.

Si le projet ministériel présente des lacunes en ce qui concerne le tracé ou à tout autre point de vue (et il en est ainsi assurément, car la perfection n'est pas dans le monde ministériel plus qu'en aucun autre) s'il soulève des objections techniques, financières ou autres, il me semble que ces diverses questions peuvent être traitées et élucidées au sein de votre Société avec toute l'autorité désirable.

Nous sommes, en effet, très bien préparés à cet examen par nos discussions antérieures. Les différents auteurs des projets présentés ici, étant invités à prendre part à la discussion, pourraient nous montrer en quoi le projet officiel diffère des leurs et en quoi il leur ressemble. Ils pourraient établir des comparaisons et discuter avec fruit certains chiffres. On arriverait ainsi à signaler nettement les lacunes et les points faibles du projet et peut-être à indiquer ce qu'il y a à faire pour combler telle lacune et remédier à tel point faible.

Il n'est pas douteux que la discussion sérieuse et éclairée dont le Métropolitain sera l'objet dans cette enceinte ne fasse entrevoir d'heureuses modifications et de réelles améliorations dont le projet pourrait être susceptible. Et la voix de la Société des Ingénieurs Civils,

dans une question de ce genre, ne restera pas sans écho, soyez-en convaincus.

Le gouvernement tout le premier, qui est un gouvernement d'opinion, en tiendra grand compte. On pourrait même reconnaître qu'il l'a déjà fait dans une certaine mesure, en lisant l'exposé des motifs du projet de loi et en le rapprochant de nos Bulletins. Il le fait précisément encore aujourd'hui à propos d'une autre question, et vous savez que votre Président a fait récemment appel, de la part de M. le Ministre du commerce et de l'industrie, à ceux d'entre nous qui pourraient participer aux études préparatoires relatives à l'organisation de l'Exposition Universelle de 89.

Dans le Parlement lui-même, quand la question y sera débattue, votre discussion sera l'objet d'une juste attention ; ceux de nos collègues qui y siègent pourront vous en donner le témoignage.

Sans insister davantage sur ces considérations, je prie donc M. le Président de vouloir bien, si vous approuvez cet ordre d'idées, mettre la discussion sur le Métropolitain à l'ordre du jour d'une de nos prochaines séances.

M. LE PRÉSIDENT dit que la question sera soumise au Bureau, qui l'examinera avec toute l'attention qu'elle mérite, et nous fera connaître par le Bulletin la solution qui lui aura été donnée.

M. GEORGES SALOMON a la parole pour sa communication sur *l'organisation du marché du travail.*

Nous donnerons seulement un résumé de cette communication qui sera reproduite *in extenso* dans le bulletin de juin.

L'excellente organisation des marchés des produits et des capitaux fait absolument défaut aux marchés du travail : il suffit pour s'en rendre compte de voir les conditions défectueuses dans lesquelles la vente du travail s'effectue à Paris, et dans les principaux centres industriels.

Ordinairement le patron parisien n'a pas à se déranger pour se procurer des ouvriers, il n'a qu'à ouvrir ses portes à ceux qui viennent spontanément y frapper. Il va de moins en moins embaucher sur les *grèves* ou places publiques sur lesquelles depuis les premières lueurs du jour jusqu'à une heure plus ou moins avancée de la matinée, en toutes saisons, par tous les temps, les ouvriers d'un certain nombre de profession du bâtiment en particulier, s'assemblent en plein air pour attendre la demande.

Les bureaux de placement ne servent guère qu'aux ouvriers des professions alimentaires et aux travailleurs, domestiques et employés qui louent ordinairement leurs services au mois. Cependant, tous les ouvriers demandent instamment l'interdiction de l'industrie du placement en s'appuyant sur les méfaits commis journellement par les placeurs, en dépit de la surveillance de la police. Il ne servirait à rien

de sévir, on doit renoncer aux mesures d'exception, s'en fier à la liberté sous l'égide de la justice, ne chercher le salut que par soi-même.

Les patrons et les ouvriers ont bien tenté quelques efforts en vue d'améliorer les modes de placement actuels, ils ont créé des services de placement aux côtés des sociétés de secours mutuels ou des syndicats professionnels, ils ont fondé des sociétés de travail et des bureaux de placement gratuit, mais selon que ces œuvres sont dues aux patrons ou aux ouvriers, elles sont désertées, sinon combattues par les uns ou les autres.

L'insuccès des services de placement annexés aux syndicats professionnels s'explique aisément.

Établis pour défendre des intérêts opposés, les syndicats sont en quelque sorte des coalitions permanentes auxquelles la partie adverse ne s'adresse jamais volontiers. Mais, à défaut de services de placement qui ne peuvent fonctionner sans le bienveillant concours des patrons, les syndicats ouvriers devraient posséder des services de publicité.

Aujourd'hui, par suite de l'ignorance de l'ouvrier sur les conditions du travail, il y a pénurie de travailleurs sur certains points tandis que le chômage sévit sur d'autres.

Malheureusement, les efforts tentés jusqu'à présent pour combattre cette ignorance ont échoué devant l'indifférence de la masse des ouvriers et l'hostilité de leurs meneurs. D'autre part, si les patrons sont quelquefois disposés à améliorer les modes d'embauchage, au moins pour se procurer plus aisément des ouvriers de leur choix, ils refusent de concourir à l'établissement d'une publicité du travail, dans la crainte qu'elle ne rende les ouvriers plus nomades, plus exigeants et qu'elle permette à ceux-ci de se coaliser plus facilement contre eux.

C'est au milieu de ces dispositions d'esprit des patrons et des ouvriers que l'on demande de plusieurs côtés à l'État ou à la commune de créer à Paris une *bourse du travail* qui aurait pour but essentiel de placer les ouvriers et de fournir des informations sur le travail.

Le travail manuel diffère suffisamment des autres produits ou marchandises pour qu'il soit impossible de le négocier dans des bourses du travail imitées des bourses du commerce.

On s'en rend si bien compte que les bourses du travail projetées à Paris et à Bruxelles n'auraient d'une bourse que le nom : elles ne seraient, en réalité, que des agences officielles de placement et de renseignements. En 1851, M. Ducoux soumettait à l'Assemblée constituante une proposition de loi en vertu de laquelle une somme de 300,000 francs serait affectée à l'établissement d'une bourse des travailleurs, mais aucune suite ne fut donnée à cette proposition. C'est seulement en 1875 que le conseil municipal de Paris s'occupa à nou-

veau de la question. Depuis cette époque une commission administrative a élaboré un projet qui figure encore à l'ordre du jour des délibérations du conseil.

En vertu de ce projet, la Ville de Paris consacrerait une somme de 12 millions à l'érection d'un monument qui servirait : 1° à fournir une salle, un hall central chauffé, éclairé, de 1,200 mètres superficiels destiné à l'embauchage des ouvriers; 2° à donner aux Chambres syndicales ouvrières des locaux pour leurs assemblées générales et leurs réunions ordinaires; 3° à établir des bureaux où des agents de la bourse enregistreraient et communiqueraient aux intéressés les offres et les demandes d'emploi; 4° à publier une mercuriale hebdomadaire des salaires dans les grands centres industriels et commerciaux de France et de l'étranger; 5° à renseigner les intéressés sur l'état des rapports entre l'offre et la demande dans les principales villes de France et de l'étranger, au point de vue de l'insuffisance du nombre des ouvriers nécessaires pour satisfaire aux demandes.

Cet hôtel ou palais gratuit des Chambres syndicales ouvrières devrait être géré par une commission d'où l'on a exclu les patrons et qui aurait sous ses ordres un service complet d'employés.

Pour plusieurs raisons, il serait préférable d'élever sur les lieux ou non loin des lieux qui servent de grèves, des locaux chauffés et éclairés pour l'embauchage et de se borner à établir sur les murs de ces locaux, des cadres pour l'affichage des demandes et des offres d'emploi.

Pour le placement des ouvriers, il faut des services annexés aux sociétés de secours mutuels qui comptent des patrons comme membres honoraires et dans leur conseil d'administration ou, plutôt, il faut des sociétés spéciales gérées et alimentées par les patrons et les ouvriers. Les institutions de placement doivent avoir un caractère de neutralité absolue que la bourse projetée ne posséderait nullement.

Cette bourse ne serait pas plus apte à établir une bonne publicité du travail qu'à s'occuper du placement.

Actuellement, les statisticiens officiels sont impuissants à fournir une statistique des salaires digne de quelque créance, et cela se conçoit. Que pourrait donner de mieux le service de la bourse? Que pourrait faire de mieux un service quelconque dépendant du ministère du commerce? Réduits à attendre du bon vouloir des patrons et des ouvriers les renseignements qu'ils auraient à communiquer, les agents de la commune ou de l'État seraient singulièrement exposés à en recevoir d'erronés et d'incomplets ou même à n'en pas recevoir. Les ouvriers qui, faute de renseignements, ne pourraient quitter les points où ils chôment, ceux qui se déplaceraient sur la foi de renseignements inexacts et, même, de renseignements exacts qu'ils auraient mal interprétés ou qui se seraient modifiés au cours de leur déplacement, accuseraient hautement la commune ou l'État de tous les maux qu'ils pour-

raient endurer. La commune ou l'État doivent donc se garer avec soin d'assumer la responsabilité d'une tâche qu'ils sont pertinemment incapables de bien remplir et se borner, en vue de favoriser les transactions sur le travail, à réduire le plus possible les impôts qui grèvent les transports des voyageurs, à encourager les ouvriers à épargner pour les jours de chômage, à appliquer avec la plus stricte impartialité les mesures libérales dont le législateur a pu doter le monde du travail. Que les ouvriers s'affilient en plus grand nombre aux syndicats et aux unions de syndicats qu'ils ont le droit de fonder en vertu de la loi du 21 mars 1884 et, ils pourront, à l'aide de très faibles cotisations, se passer de tout concours soit pour loger convenablement ces associations, soit pour établir une bonne publicité du travail. Certaines unions ou fédérations trouvent les ressources nécessaires pour entretenir des journaux destinés à soutenir les revendications de leurs membres. Avec un bien léger supplément de peine et de dépenses, elles pourraient employer ces journaux à signaler les conditions du travail et de l'existence dans les divers centres industriels de France et de l'étranger. Si donc le marché du travail est encore dénué d'organes ou de services de publicité, les ouvriers ne doivent s'en prendre qu'à eux-mêmes, à leur manque de sentiments confraternels, aux erreurs qu'ils professent à l'égard de la concurrence, à l'apathie de la plupart d'entre eux pour les questions qui les intéressent le plus directement. Aussi longtemps qu'ils ne modifieront pas leurs sentiments, leurs idées, leur manière d'être, il ne serait que dangereux de suppléer à leur inaction. Et quand, reconnaissant l'utilité d'une publicité du travail, ils cesseront d'être hostiles ou indifférents à son établissement, ce serait pour le moins superflu. Difficile, sinon impossible à établir exactement d'une manière générale, à l'aide d'agents salariés par la commune ou l'État, la publicité du travail s'établirait au mieux dans chaque corps de métier avec le seul concours de ses membres.

En résumé, la commune ou l'État n'ont ni pour rôle, ni pour devoir de s'occuper directement du placement des ouvriers et de l'établissement d'une publicité du travail. Si les ouvriers veulent remédier aux inconvénients des modes de placement en vigueur, ils doivent tenter de former, avec le concours des patrons, des sociétés spéciales de placement, et s'ils veulent être éclairés sur la situation des marchés du travail, ils doivent, à l'aide des syndicats, établir des organes corporatifs de publicité.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Georges Salomon de la très intéressante communication qu'il vient de nous faire sur un sujet qui est tout d'actualité. La question traitée par notre collègue est de celles qui intéressent d'une manière particulière les ingénieurs, c'est-à-dire les intermédiaires désignés entre le capital et le travail, et nous devons toutes nos félicitations à ceux d'entre nous qui se consacrent à l'etude

de questions que nous avons grand intérêt à ne pas laisser tomber en d'autres mains.

L'ordre du jour appelle la suite de la discussion sur la communication de M. de Coene relative aux améliorations à apporter dans la rade du Havre et dans l'estuaire de la Seine.

M. Le Brun dit que la première objection qui a été faite au projet présenté par M. de Coene a été la généralisation de faits qui ne constituent que des accidents, auxquels on ne peut attribuer l'importance d'une loi générale, tandis qu'au contraire, et c'est l'opinion des Ingénieurs anglais, chaque fleuve a un régime spécial dont il est à peu près impossible d'analyser les causes.

M. Le Brun pense au contraire que les mêmes causes amenant toujours les mêmes effets, on doit suivre en hydraulique fluviale et maritime les mêmes méthodes d'observations que dans toutes les branches de la physique, en étudier les lois générales, puis déterminer les causes de chaque cas particulier, analyser leurs effets et en dégager la résultante.

Quant au projet de M. Vauthier, s'il en retient pour l'appliquer toute la partie très remarquable concernant le fleuve lui-même, il fait remarquer que dans l'estuaire les digues évasées ne peuvent amener qu'une amélioration dans les passes sans qu'on puisse, d'après l'aveu même de l'auteur, fixer à l'avance la position du chenal; elles ne constituent donc qu'une partie du problème à résoudre que l'on a déjà formulé de la façon suivante :

1° *Création d'une rade abritée devant le Havre, permettant l'entrée de navires dans le port, à toute heure de marée ;*

2° *Conservation et amélioration du port de Honfleur ;*

3° *Entrée des navires à Rouen par toute marée ;*

4° *Défense du Havre et abri pour les flottes de guerre et commerciales.*

L'étude des solutions présentées ayant démontré que la digue de M. Partiot satisfaisait à toutes ces conditions, on en a fait la base du projet.

M. Le Brun expose la théorie de M. Partiot sur les goulets, qui peut se formuler ainsi :

Lorsqu'une baie à fonds affouillables est séparée d'une mer sujette à l'action des marées par un goulet, sous l'action des courants, il se produit dans le goulet une fosse profonde s'étendant en amont et en aval, et les profondeurs se propagent en formant des chenaux qui s'étendent à de grandes distances des deux côtés de la passe ;

Lorsqu'un cours d'eau débouche dans la baie, l'action des courants de jusant se trouvant augmentée, l'effet indiqué se produit avec plus d'intensité.

Il cite ensuite les exemples de la baie d'Arcachon, de l'embouchure

de la Foyle dont il fait ressortir les analogies avec l'estuaire de la Seine, de la baie de Carlingford au sujet de laquelle les Ingénieurs anglais ont produit des théories analogues à celles de M. Partiot.

Il cite l'estuaire évasé de la Somme qui s'est comblé dès que l'écoulement des eaux intérieures y a cessé, tandis que sans l'écoulement d'eaux douces la baie d'Arcachon fermée par un goulet ne se comble pas.

M. Le Brun étudie ensuite le régime des marées dans la Manche, des alluvions et des courants dans la baie du Calvados, où il faut chercher les causes des variations des chenaux.

En supprimant les actions perturbatrices, on fixerait le chenal et on obtiendrait comme conséquence de ce premier résultat tous les autres desiderata avec facilité.

Comme exemple, il cite avec détails les améliorations obtenues par M. Churruca dans la rivière de Bilbao; la barre une fois fixée s'est approfondie de $0^m,65$ à $4^m,45$, au moyen d'une dépense relativement faible. La conséquence commerciale immédiate a été un énorme accroissement de tonnage, malgré la crise qui sévit sur les industries du fer, unique débouché de ce port.

L'étude des phénomènes qui se passent à l'embouchure de la Seine étant faite, il y a lieu de chercher à se rendre compte de ce qui se passera en supposant la digue transversale terminée.

Une plage se formera tangente au Musoir et à la côte du Calvados, déterminant une baie bien défilée avec le cap de la Hève.

La nouvelle plage, par son orientation normale aux lames des grosses mers, sera un obstacle à l'entrée de la plus grande partie des sables soulevés par les tempêtes sur les bancs du large. — En temps ordinaire, elle constituera un atelier de broyage — la marche des alluvions du Calvados sera retardée, et la quantité qui parviendra au goulet en sera atténuée. L'effet de la digue sera donc de diminuer dans une très notable proportion l'entrée des alluvions dans l'estuaire.

Il est vrai qu'elle affaiblira l'agitation dans l'estuaire, mais elle ne la supprimera pas; sous l'action des courants alternatifs de marée un nouvel équilibre se produira, un chenal profond ira du goulet à l'extrémité des digues, les angles morts se colmateront en partie et formeront des plages inclinées découvrant à marée basse, tandis que la partie centrale formera des bancs toujours submergés coupés de chenaux plus ou moins profonds. Les alluvions de l'estuaire sont mélangées de sables très fins et sont extrêmement mobiles. Elles ne ressemblent en rien aux vases du Mississipi auxquelles on les a comparées.

D'après les exemples cités, le prolongement de la digue Sud suivant une courbe concave depuis Berville jusqu'à Honfleur suffira probablement pour appuyer le chenal qu'elle protégera contre l'action des vents du Sud au Sud-Ouest.

Quant au prolongement de la digue Nord, il conviendra d'attendre

l'effet produit par les premiers travaux pour déterminer sa direction et le point où elle devra s'arrêter.

M. Le Brun passe en revue quelques-uns des projets qui ont été présentés et fait ressortir les graves inconvénients qu'il y aurait à créer entre Frascati et Sainte-Adresse de nouveaux bassins mal reliés avec les anciens établissements maritimes, avec le chemin de fer, le canal de Tancarville, loin des docks, des usines — dans les plus mauvaises conditions d'exploitation et d'utilisation industrielle, aggravant encore les reproches trop justifiés qu'on fait aux aménagements du Havre.

Si, malgré toutes les prévisions, contrairement à tous les faits observés, l'estuaire s'ensablait — il n'y aurait aucun des intérêts en jeu compromis. — La Seine subsisterait toujours avec son grand débit, son puissant bélier hydraulique, il suffirait de prolonger les digues jusque sous la Hève où l'on trouve à quelques brasses au large des profondeurs de 20 mètres ; cette possibilité que M. Bouniceau avait déjà mise en avant en 1845 enlève toute espèce de crainte sur l'exécution du projet présenté. Mais l'estuaire ne se comblera pas parce que la loi du goulet est générale, et qu'aucune cause locale n'est assez puissante pour annuler l'effet de cette disposition.

Plus on étudie cette question complexe, aux points de vue des intérêts locaux, de l'intérêt général, de la défense du pays, plus on s'attache à cette solution qui leur donne satisfaction complète, et cette solution doit être formulée ainsi :

Fixation du Chenal devant le Havre

M. Le Brun termine en émettant le vœu que les rivalités locales, si passionnément surexcitées, viennent s'éteindre devant les commissions chargées d'arrêter les projets. — Il espère qu'on adoptera cette fois, et il en est grand temps, une solution qui en nous donnant un établissement maritime aussi bien aménagé, aussi largement outillé que ceux de nos rivaux, permettra à la France de reprendre le rang dont elle s'est laissé dépouiller par ses hésitations.

M. Fleury désirerait dire quelques mots sur le sujet à l'ordre du jour. Il sera bref, parce que l'heure ne comporte pas de longs développements. D'un autre côté cependant, il est naturel qu'il désire répondre à M. Le Brun, qui lui a beaucoup reproché de n'être pas partisan de la généralisation de la théorie des embouchures à goulet, telle qu'elle a été exposée par M. de Coene et reprise par lui. L'opinion de M. Fleury, toute sincère qu'elle est, n'aurait pas, il le reconnaît, grande valeur, si c'était une opinion isolée. Déjà M. Vauthier, dans la précédente séance, nous a dit qu'elle avait de nombreux et éminents partisans.

Aujourd'hui, M. Fleury a encore une nouvelle occasion de s'abriter un peu derrière d'autres hommes que lui, derrière d'autres autorités que la sienne. Cette idée que, en matière d'amélioration de rivière, il ne faut pas généraliser, est l'idée qui guide tous les ingénieurs anglais dans leurs travaux d'estuaires. Il a noté dans un travail récent ce que disent quelques-uns d'entre eux à ce sujet. M. Vernon-Harcourt, qui a rendu compte des travaux de la Seine, qui a fait lui-même un travail considérable sur l'estuaire de la Seine, et qui a dressé un projet d'amélioration de son embouchure, très complet, travail très consciencieux, plein de faits et d'observations, comme tout ce qu'écrit cet éminent ingénieur, M. Vernon-Harcourt n'hésite pas à conclure que la meilleure solution est le prolongement des digues évasées ; son projet se rapproche beaucoup de celui de M. Vauthier. Voilà ce que dit M. Vernon-Harcourt, en se résumant : « Il est très difficile de comparer une rivière à une autre, c'est aussi l'opinion de M. W. Welford. » — Et M. E. Leader Williams, qui s'est occupé beaucoup de la Mersey, dont par parenthèse ces messieurs ne parlent pas, la Mersey qui est à double goulet, qui devrait vérifier leur loi, si cette loi était générale, M. Williams dit que, en matière d'amélioration de rivière, il ne faut pas être dogmatique, et qu'il n'y a pas deux rivières semblables (1).

Et c'est très vrai.

Quand on traite cette question de l'amélioration des rivières, on omet forcément toujours un grand nombre de circonstances dont il faudrait pouvoir tenir compte. Tout à l'heure on parlait de la Seine : on ne parlait pas de la position déplorable de cet estuaire. Il faut remarquer, en effet, qu'il vient déboucher le long d'une côte sablonneuse.

N'est-ce pas là une position défavorable ? Est-elle comparable à celle du Foyle, qui s'ouvre dans un courant d'eau claire renouvelé par des marées de $8^m 50$?

Ici, au contraire, se trouve le promontoire de Cherbourg, qui s'oppose à tous les mouvements de marée. On n'a jamais tenu compte de cette situation qui a cependant une influence considérable sur le régime de l'estuaire. Quand, ensuite, on fait des rapprochements avec la rivière de Southampton, avec la Tamise, tient-on compte de tout ce qui différencie ces rivières ?

Il ne faut pas dire alors que, quand on parle du problème de l'amélioration de l'estuaire d'une rivière, on a mis dans l'équation tous les termes qui doivent y entrer et qu'on va obtenir une solution générale, toujours applicable, toujours efficace.

Voilà pourquoi des hommes compétents, qui ont passé leur vie dans l'étude de l'amélioration des rivières, qui connaissent très bien non seulement les rivières de la Grande-Bretagne, mais celles du continent, et

(1) In treating of improvements in rivers, they ought not to be dogmatic, because no two rivers were alike.

en particulier la Seine, combattent l'idée de généraliser les procédés, de les transformer en loi.

M. Le Brun a dit : L'estuaire ne se comblera pas; cependant, il y entrera des alluvions.

M. Vernon-Harcourt, qui a connu et examiné le projet de M. de Coene et de M. Partiot, dit, en somme, que la grosse question est qu'on rétrécit l'entrée du flot de marée. Et c'est vrai. On lui ferme les trois quarts de l'entrée, on ne lui laisse qu'une petite porte. On arrivera ainsi, au début, à accroître la vitesse dans cette passe rétrécie ; il pourra y avoir au commencement, amélioration, creusement ; mais ce n'est qu'un avantage temporaire. M. Le Brun a dit lui-même tout à l'heure pourquoi cet avantage ne sera que temporaire : c'est que, à chaque marée, il entrera des alluvions apportées par un flot qui va s'épanouir et les déposera ; il en laissera un peu tous les jours, et l'estuaire se comblera... petit à petit ou rapidement, M. Fleury ne peut le dire, mais il se comblera ; et alors, se comblant, il admettra un volume de flot de moins en moins considérable ; par suite, il y aura de moins en moins de jusant, l'effet de creusement ira s'affaiblissant, la passe reviendra à une profondeur d'eau insuffisante et alors la situation serait devenue sans remède.

M. Fleury croit donc que les conclusions des Ingénieurs anglais, d'accord sur ce point avec beaucoup d'Ingénieurs français, et en particulier avec notre éminent collègue, M. Vauthier, sont absolument inattaquables, et il lui a paru nécessaire de les faire connaître pour appuyer ce qu'il avait eu l'honneur de dire à la dernière séance et mettre en garde ses collègues contre cette idée qu'on peut poser une règle générale pour l'amélioration des rivières, et l'appliquer partout et toujours.

M. Roy dit qu'il a trouvé, dans les explications de M. Le Brun, un raisonnement qui l'a frappé et qui lui semble avoir répondu victorieusement aux objections de M. Fleury, portant sur l'impossibilité de poser des règles générales en matière d'améliorations de cours d'eau ; notre collègue prétend en effet que, dans chaque cas particulier, le problème doit être traité d'une façon spéciale. Or, c'est bien ce que les auteurs du projet ont fait pour ce qui concerne les courants du Calvados ; ils ont expliqué en effet que ces courants, susceptibles d'apporter la plus grande masse des dépôts, seront barrés et détournés d'une façon complète par la digue projetée par M. Partiot, tandis que la forme évasée de l'estuaire actuel leur donne la plus grande facilité pour entrer. La solution proposée a l'avantage de laisser un passage suffisant aux courants de l'Ouest qui contiennent le moins de matières en suspension, entraînées d'ailleurs par la sortie du jusant, tout en opposant un obstacle aux courants venus des côtes du Calvados. Il semble donc à M. Roy qu'il y a là une étude

faite précisément en vue d'un cas particulier, et qui répond aux objections présentées.

En second lieu, il a été question de la création d'un nouveau port au Havre, dans un emplacement où l'on pourrait trouver plus de fond. M. Roy croit devoir faire à ce sujet une objection au point de vue de l'intérêt national ; il y a, en effet, des avantages très sérieux à favoriser le transport des marchandises par canaux. Or, le canal de Tancarville, qui a été fait précisément en vue de communiquer avec les anciens bassins, serait complètement inutilisé dans cette nouvelle situation du port ; il y a donc de ce côté un intérêt capital à ce que les bassins actuels ne soient pas déplacés.

M. DE COENE. — Au point où en est arrivée la discussion, avec les développements et les explications donnés par M. Le Brun et dont vos approbations ont souligné les conclusions, je vous demande la permission de prendre quelques instants la parole pour répondre au préopinant.

M. Fleury, dans sa première communication, nous a parlé des travaux du grand Ingénieur américain, M. Eads, sur le Mississipi ; il a semblé vouloir dire qu'il y avait une comparaison possible avec la Seine.

Il me semble utile de dissiper une équivoque. J'ai étudié ces travaux et j'ai reçu, à leur sujet, de précieux renseignements venant de la Nouvelle-Orléans.

Le Mississipi a un débit de 36,500^{ms} par seconde, soit plus de trois milliards de mètres cubes en 24 heures, quand la Seine n'a comme débit *annuel* que 15 milliards.

Le Mississipi charrie d'énormes quantités de vases venant de l'amont, en Seine il n'en arrive pas. Le Mississipi n'a pas de marée, ce fleuve coule toujours à la mer par la simple raison que dans le golfe du Mexique où il aboutit, il y a une marée qui varie de 10 à 30 centimètres, tandis que dans la Seine la marée à l'embouchure varie de 4 mètres à 7 mètres.

A l'embouchure de la Seine, quatre fois par 24 heures la marée monte et descend, formant une agitation et des actions toutes différentes de celles qui peuvent se produire dans le Mississipi, où il n'entre pas une goutte d'eau salée.

J'ai tenu à vous faire cette comparaison pour éviter qu'on puisse jamais comparer le Mississipi à la Seine.

M. Fleury, dans la dernière séance et dans la réponse qu'il vient de faire, revient de nouveau sur l'erreur que j'aurais commise en dénommant la Mersey comme fleuve à goulet sans barre.

Or, le procès-verbal et mon Mémoire font voir, au contraire, que la barre de la Mersey est due à la forme en entonnoir de l'estuaire qui s'étend des quais de Liverpool et de Berkenhead à la mer.

Si, grâce à la chasse produite par le réservoir qui ne se colmate pas

et qui précède le port, on a pu conserver, comme l'a fait remarquer M. Partiot, sur 14 kilomètres un chenal ayant 15 mètres de profondeur au-dessous de basse mer; au delà de ces 14 kilomètres, j'ai dit dans ma communication, et vous pouvez le voir sur le plan qui est sous vos yeux, que, juste au débouché du fleuve sur la mer, une barre existe qui ne laisse que $2^{m}70$ à basse mer, parce que le second estuaire, au lieu de se vider par un chenal unique, se vide par quatre ou cinq chenaux secondaires qui enlèvent à la chasse la force suffisante pour détruire la barre de la Mersey qui préoccupe si justement les Ingénieurs de ce port.

Si donc, agissant comme on le propose pour la Seine, on enserrait l'estuaire de la Mersey par un môle forçant le jusant à passer en un seul point, la barre serait supprimée, comme nous proposons de le faire sur la Seine, comme elle est supprimée sur l'Humber, sur le Foyle, sur l'Escaut, sur la Gironde et sur le Tage.

Je termine enfin, Messieurs, par une dernière observation : on est venu dire que les membres de la Société des Ingénieurs civils de Londres s'étaient prononcés contre le projet d'embouchure à goulet, tel que nous voulons le créer.

Or, M. Vernon-Harcourt, et c'est le seul qui ait parlé du projet Partiot, a dit, d'après le texte anglais que j'ai sous les yeux : que *le goulet assurerait certainement* au début *des passes profondes*, mais qu'au bout d'un certain temps, il pensait que l'estuaire se boucherait.

Les passes profondes, on les aura donc, voilà un fait; il s'agit de voir si elles se conserveront.

Je dois faire observer, j'en demande bien pardon à mon contradicteur, que M. Vernon-Harcourt ne connaît que très imparfaitement la Seine, qu'il n'a pas fait une étude spéciale et prolongée de l'estuaire, et que MM. les Ingénieurs anglais et hollandais, en émettant leur opinion avec de grandes réserves, ont fait remarquer que dans une question de cette importance, il fallait étudier avec un soin particulier les causes diverses qui agissent; aussi n'ont-ils parlé que d'une façon très générale sur l'embouchure de la Seine.

Je crois pouvoir me permettre de dire qu'il n'en est pas de même ici, le problème qui nous occupe a été étudié avec grand soin pendant plusieurs années par son auteur; depuis plusieurs mois, nous nous sommes aussi livré à la même étude, en allant sur place; nous n'arrivons donc pas ici les mains vides, sans études préalables; nous ne nous sommes pas contenté d'affirmations vagues; nous avons examiné, discuté, retourné les projets; nous avons cherché des exemples à l'appui et, si nous avons pris un parti, ce n'est qu'à la suite et après des observations multipliées, arrivant à cette conclusion : que les baies intérieures terminées par un goulet, et cela sans exceptions, ne se comblent pas, ne se colmatent pas et restent profondes et creuses, tandis

que les baies évasées comme la Somme, par exemple, se comblent entièrement.

Aussi, suis-je convaincu que l'opinion d'un Ingénieur de la Société de Londres dont on semble vouloir faire état, aurait été certainement changée s'il avait entendu ce qui a été dit ce soir sur les estuaires et sur la Seine en particulier.

Les adversaires du rétrécissement de la Seine n'ont apporté aucune preuve à l'appui, des dénégations, des craintes vagues, mais pas un fait, pas un exemple, rien qui puisse infirmer nos observations et nous empêcher de croire qu'une passe unique, ouverte jour et nuit et facilement éclairée, substituée aux trois passes qui font divaguer le chenal parfois à chaque marée, rendra l'embouchure de la Seine excellente.

Aussi ai-je le ferme espoir que le projet de M. Partiot, modifié comme nous le proposons, sera adopté, donnant ainsi au pays, au Havre, aux ports de la Seine, aussi bien au point de vue militaire qu'au point de vue commercial, des avantages considérables qui donneront à cet établissement maritime une importance supérieure à ses rivaux étrangers.

M. Badois croit pouvoir citer un exemple qui détruirait, dans une certaine mesure, les objections élevées par M. Fleury relatives à l'ensablement ; ces objections portent sur ce fait que la mer, arrivant avec une grande quantité d'alluvions, leur fera traverser le goulet, et les déposera en arrière, dans l'estuaire. M. Badois rappelle à l'encontre un fait survenu au canal de Suez, à l'époque où il était attaché à ces travaux ; il s'est produit, dans la section qu'il dirigeait, une brèche en un point de la digue qui séparait le canal du lac Menzaleh. Il s'établit alors une sorte de flux et de reflux, traversant cette brèche par suite des alternances de vent qui causaient des dénivellations de moins de trente centimètres, tantôt dans un sens tantôt dans l'autre. En très peu de temps, l'effet de ce mouvement alternatif fut de creuser une cuvette qui atteignit six mètres de profondeur et plus de cent mètres de diamètre, malgré la faible hauteur génératrice du courant ; et, chose curieuse, on a vainement cherché les sables qui provenaient de ce creusement ; ils n'étaient ni dans le canal, ni sur les bords de la cuvette, ni dans le lac à petite section.

M. Badois pense que l'explication de ce fait est que le même sable passait alternativement du canal dans le lac, et inversement, suivant le sens du courant, en traversant la cuvette qu'il approfondissait chaque fois un peu plus ; il croit qu'il ne faut pas trop se préoccuper de l'ensablement à la suite du chenal creusé par un courant, comme dans le projet de M. de Coene, parce que ce courant se produisant tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre, les dépôts subiront en grande partie ce déplacement alternatif. M. Badois ne veut pas entrer dans la discussion des courants marins, pour laquelle il ne se croit pas une compétence

suffisante, mais il tenait à appeler l'attention de la Société sur le fait qu'il vient de citer, et qui semble devoir prouver qu'il n'y a pas lieu de craindre outre mesure l'ensablement derrière les goulets.

M. VAUTHIER constate qu'il est si tard qu'il ose à peine demander la parole. Toutefois, si la discussion ne doit pas être remise, il désirerait présenter quelques observations. Elles seront très courtes, et porteront sur la carte d'ensemble du projet Partiot qui est placé sous les yeux de l'Assemblée.

D'abord la plage de sable que les apports de la côte du Calvados formeraient en dehors du môle, entre Villerville et son extrémité, ne constituerait pas un atelier de broyage efficace. Le broyage exige que les sables soient roulés par les courants, repris et remaniés par eux plusieurs fois. Cela n'aurait lieu sur cette plage que dans de minimes proportions. Les sables, pour la majeure partie, y conserveraient leur grosseur ; et, quand la plage serait formée, ils déborderaient le musoir et menaceraient la passe. L'auteur du projet a bien senti ce danger, car, dans le travail récemment publié par lui, il figure un prolongement éventuel du musoir s'étendant jusqu'en avant du méridien de la Hève.

On nous assure qu'il n'y aura pas d'alluvions dans l'estuaire parce que les eaux venant du Nord sont claires. Mais, dans les gros temps, le flot, d'où qu'il vienne, est fortement chargé. Or, les gros temps ne sont pas rares à l'embouchure de la Seine. Il y aura des alluvions, des alluvions considérables. Presque tout ce qui entre restera, parce qu'il n'y aura, au plein, que de l'eau morte sur d'énormes surfaces qui ne seront pas ensuite balayées au jusant.

Les effets consécutifs de réduction du volume d'eau pénétrant que M. Vauthier indiquait à l'autre séance et qu'a si bien analysés M. Fleury se produiront infailliblement. Aussi, ne peut-il admettre en aucune façon cette anse pointue que nous montre la carte, et qui pénétrerait, avec une avancée de 6 à 7 kilomètres, entre la digue nord prolongée jusqu'à Honfleur et la rive nord de l'estuaire.

Cet effet est absolument impossible. Qu'est-ce qui déterminerait la formation de cette anse, où l'action du jusant sera presque nulle, quoique la digue nord soit probablement maintenue basse ? La poussée du flot par le goulet en face ? Si le flot pénétrait par ce goulet, avec assez de violence pour amener un tel résultat, comme il lui faudrait, dans les premiers moments de la montée au moins, pour remonter la Seine, venir chercher l'orifice à l'extrémité des digues sous Honfleur, le bassin entre cet orifice et le môle serait le théâtre d'un bouleversement bi-quotidien des fonds, amenant, suivant la force des marées, des déplacements continuels des bancs et des chenaux.

M. VAUTHIER ne croit pas, pour son compte, que les bouleversements pussent prendre de telles proportions. Mais, en revanche, il conteste la formation de l'anse. Malgré l'abaissement de la digue à laquelle il

est adossé, l'espace que la carte lui assigne serait atterri, comme M. Partiot le supposait autrefois ; et, au lieu de la fosse régulière sur laquelle il compte, entre le goulet et l'orifice de la Seine sous Honfleur, il se formerait très probablement, dans le bassin en amont du môle, deux chenaux, l'un de flot, l'autre de jusant, entièrement distincts. M. Vauthier laisse à penser ce que seraient, comme profondeur et direction, de tels chenaux logés et se contournant dans un espace aussi restreint.

M. Vauthier n'ajoutera rien à ce qu'il a dit à la séance précédente de ses craintes sur le mauvais remplissage de la Seine. Le prolongement jusqu'à Honfleur des digues, avec embouchure de 600 mètres de largeur seulement, aurait certainement pour effet d'abaisser dans le fleuve le niveau atteint par les hautes mers : d'où, à la fois, réduction de volume et diminution de brassiage sur les seuils.

En résumé, lorsque, à la suite des études approfondies sur l'endiguement des rivières, tous les efforts des Ingénieurs tendent, pour l'amélioration de celles-ci, à ménager un bon défilement de leurs rives, à régulariser les largeurs successives du lit, à établir en un mot partout la continuité, il lui est absolument impossible d'admettre qu'il faille chercher les conditions d'amélioration de l'estuaire de la Seine dans la disposition incohérente de deux orifices successifs d'introduction, rétrécis, se chevauchant, et séparés par un bassin.

M. Cotard profite de ce qu'il a pendant quelques moments la parole, bien qu'il soit fort difficile de traiter d'une pareille question en si peu d'instants. Il voudrait cependant présenter quelques considérations qui se rattachent aux vues qu'il a déjà eu l'occasion d'exposer devant la Société sur le régime des eaux.

On a mis en avant, dans le cas dont il s'agit, des théories sur le broyage et la trituration des matières, sur les courants marins et les formes sinusoïdales des chenaux ; ce sont des phénomènes bien peu définis ; et il semble qu'on néglige un point capital, c'est de tenir compte de la différence essentielle qui distingue, dans chaque cours d'eau, la partie fluviale de la partie maritime.

Si l'on considère une plaine inclinée et si l'on suppose que l'on y creuse un chenal à l'origine duquel on amènerait une quantité d'eau suffisante pour y créer un courant continu ; si ce courant est assez rapide pour attaquer les bords de ce chenal, des sinuosités se formeront et s'augmenteront jusqu'à ce que, la vitesse ayant diminué, par suite de l'allongement du parcours, la terre ne soit plus entraînée. C'est ainsi que se sont formés les méandres des rivières. Une sorte d'équilibre se fait ainsi entre l'action d'entraînement de l'eau et la résistance du sol ; les concavités du lit se creusent tandis que les convexités s'ensablent.

Or, pourrait-on prétendre que les sinusoïdes, ainsi créées, resteraient les mêmes si le courant venait à changer de sens ? Pas du tout!

Les mouvements de translation, de transport d'alluvions, qui se faisaient d'amont en aval, se feront dans un sens contraire, et l'équilibre sera détruit. Eh bien ! c'est précisément ce qui arrive, lorsqu'on passe de la partie fluviale d'un fleuve dans sa partie maritime. Comme l'a très bien dit M. Vauthier, dans son ouvrage : il y a une partie où le fleuve est exclusivement fluvial, une autre où il est soumis aux deux influences, et une dernière partie où l'action maritime est prédominante.

Dans cette partie se réalise l'hypothèse, faite tout à l'heure, d'une plaine qui serait perpétuellement soumise à une sorte de bascule. Dans une telle condition, la théorie des sinusoïdes n'est plus applicable ; car tout équilibre est rompu. La seule solution est alors de faire un chenal, non plus sinueux, mais, au contraire, aussi direct que possible. Tout au moins, faut-il rendre le chenal facilement parcourable dans les deux sens. Mais, ce n'est pas tout : il s'agit d'arriver aux grandes profondeurs de la mer. Là, il y a pour le fleuve un dernier combat à livrer.

Si l'on avait affaire à un rivage tout à fait accore et que les digues pussent aboutir directement jusqu'aux grands fonds, il suffirait de prolonger jusqu'à la mer les digues de la Seine, telles qu'elles ont été faites. On obtiendrait, jusque-là, les effets d'approfondissement déjà réalisés dans leur étendue actuelle. Mais comment vaincre les obstacles de l'embouchure ? Il faut, pour franchir les derniers hauts fonds, donner au fleuve un surcroît de force et l'aider ainsi à vaincre dans ce dernier combat, au lieu de laisser son énergie s'amoindrir sur une étendue où les deux éléments, fluvial et maritime, s'épuisent l'un et l'autre en mouvements désordonnés. Il faut réunir toutes ces forces et concentrer le combat en un seul point ; la victoire est à ce prix, mais elle est certaine. Au lieu d'une entrée de 10 kilomètres de large, il faut créer un passage rétréci, et là se formera un chenal profond qui se prolongera de lui-même à l'amont et à l'aval par le balayage incessant du courant.

On a dit : l'estuaire se remplira ! Cela n'est pas sûr, et ce serait en contradiction avec ce qui se passe dans tous les cas analogues. Mais quand bien même il se remplirait, cela ferait-il perdre la passe d'entrée et le chenal qui la continue ? On serait dans le même cas que si l'on prolongeait les digues actuelles, jusqu'à la mer.

M. Cotard ne proposerait pas tout de suite une telle solution parce que, temporairement au moins, la grande masse d'eau emmagasinée constitue précisément le renfort à donner au fleuve afin qu'armé de ce balai gigantesque, il puisse creuser son chenal. Une fois le chenal créé, peu importe que l'estuaire se remplisse ! le chenal sera définitivement établi.

En résumé, chercher à établir des sinusoïdes dans l'estuaire, c'est commettre une erreur ; parce que ces sinusoïdes, qui peuvent être

bonnes pour un fleuve ayant son courant toujours dans le même sens, ne sont pas applicables à des courants alternativement de sens contraire.

M. COTARD croit aussi que des digues prolongées en entonnoir, d'une part jusqu'au Havre, et de l'autre jusqu'à Honfleur (et il regrette d'être ici en désaccord avec son honorable ami, M. Vauthier), il croit que des digues ainsi établies n'amèneraient aucune amélioration, car elles ne remédieraient aucunement au désordre de courants qui se produisent dans l'estuaire.

Il y a des Ingénieurs qui, tout en conservant le principe de l'évasement, ont dirigé l'embouchure vers le sud en l'exposant aux sables du Calvados. Cette solution serait, à son avis, encore plus critiquable.

La solution du chenal unique sur la rive nord a, de plus, le grand avantage d'assurer, le long du Havre, des eaux profondes; et à cela s'attachent des considérations de la plus haute importance, un estuaire offrant un vaste chenal où les navires seraient en sécurité.

Nous n'avons sur toute cette côte aucun abri. Cherbourg même est sans défense contre les engins de guerre actuels.

Un vaste chenal dans l'estuaire, situé derrière la grande digue, offrirait, en cas de guerre, un refuge précieux.

Au point de vue commercial les avantages ne seront pas moindres pour le Havre qui, au lieu d'une entrée unique et imparfaite, aura une autre entrée, excellente, sur la Seine, avec une rade infiniment plus sûre.

Ainsi donc, aux divers points de vue du port du Havre, de la Seine, de Honfleur et de Rouen, au point de vue du commerce de la France et de la défense militaire, le projet dont il s'agit paraît être la seule solution rationnelle.

La discussion reste d'ailleurs ouverte; la question est à l'examen du Ministre, qui donnera son avis; puis elle sera portée devant le Conseil général des Ponts et Chaussées, la Commission nautique, la Chambre des députés et le Sénat.

Quelle que soit la solution qui sera finalement adoptée, nous devrons nous féliciter que notre Société ait pris sa part dans l'examen d'une œuvre dont l'importance est si considérable, non pas seulement pour nos grands ports de la Seine, mais pour le commerce de tout le pays, et aussi pour des intérêts d'un ordre encore plus élevé, qui nous animent tous, pour les intérêts de la Patrie! *(Applaudissements.)*

M. LE PRÉSIDENT croit que nous ne pouvons que nous associer aux sentiments si patriotiques qui viennent d'être exprimés par M. Cotard, et, quoique l'heure soit très avancée, donne encore la parole à M. Vauthier pour ajouter quelques mots.

M. VAUTHIER. — M. Cotard part d'une idée juste, mais il en tire

des conséquences fausses. Sans doute un fleuve maritime est le siège de deux courants successifs de sens opposé. De là une tendance à ce qu'il s'y forme deux thalwegs distincts. Pour les améliorer, l'art de l'Ingénieur consiste principalement à faire que les deux thalwegs coïncident. Cela est difficile, à réaliser surtout aux approches de la mer où l'introduction du flot et l'expulsion du jusant impliquent des conditions presque contradictoires. Mais la première condition, celle de la bonne introduction du flot, écarte absolument les embouchures rétrécies.

M. LE PRÉSIDENT remercie les orateurs qui ont présenté avec tant d'éloquence des communications et des observations que la Société a écoutées avec la plus grande attention. Il ne lui appartient pas de prendre des conclusions ; elles ressortiront tout naturellement, pour les personnes appelées à prendre une décision, de la lecture des communications faites à la Société.

La séance est levée à onze heures et demie.

Séance du 18 Juin 1886.

PRÉSIDENCE DE M. HERSENT.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

M. LE PRÉSIDENT. — J'ai l'honneur d'annoncer à la Société que M. Pinheiro a été nommé officier de l'Ordre de Léopold de Belgique, et M. Rabinel officier de l'Ordre de Takovo de Serbie.

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. Hallopeau, Trésorier, pour présenter l'exposé de la situation financière de la Société.

Messieurs et chers Collègues,

Je dois, aux termes des statuts, article 17, donner à l'Assemblée communication de l'exposé de la situation financière de la Société.

Permettez-moi de saisir cette occasion pour vous exprimer combien je sens vivement l'honneur que vous m'avez fait, en reportant sur moi la

confiance que vous avez accordée pendant de longues années à mon honorable prédécesseur, mon excellent ami, M. Loustau.

Soyez assuré que tous mes efforts tendront à continuer la tradition établie par notre cher et vénéré collègue, et croyez à l'expression de ma profonde gratitude.

Par son activité, par sa grande expérience des affaires, par son zèle toujours infatigable, M. Loustau a contribué dans une mesure que nous avons tous appréciée, à la prospérité de la Société.

Appelé par vos suffrages à demeurer au sein du comité comme Trésorier honoraire, M. Loustau suivra nos travaux avec l'intérêt et le dévouement dont il a donné tant de preuves. Son concours nous sera très précieux pour conserver les bonnes et saines traditions que nous ont laissées nos anciens comités.

Je lui suis très vivement reconnaissant de m'avoir recommandé à vos suffrages, et je vous prie de vouloir bien m'autoriser à lui exprimer devant vous tous mes sincères remerciements pour la marque de bienveillant intérêt dont il m'a gratifié. Je ne faillirai pas aux devoirs qu'il m'a ainsi imposés vis-à-vis de notre Société.

Je passe à la lecture de l'exposé de la situation financière.

Je dois constater tout d'abord, pour la bonne règle, qu'à la suite d'une vérification contradictoire faite dès les premiers jours du mois de janvier dernier, avec le concours de notre honorable Président, M. Hersent, M. Loustau m'a transmis régulièrement les livres de la Société, les pièces comptables, les titres et les espèces qui formaient, à cette époque, *l'avoir de notre Société.*

Au 18 décembre 1885, le nombre des membres de la Société était de	2.081
Pendant le 1er semestre 1886, les nouvelles admissions ont été de	63
Ce qui donne un total de.	2.144
Dont il faudrait déduire par suite de décès.	23
Total des membres de la Société au 31 mai 1886	2.121

RECETTES

Les recettes effectuées pendant le 1er semestre 1886 se sont élevées à :

1° *Pour le fonds courant :* Pour droits d'admission, cotisations, intérêts d'obligations, location de salles, annonces		38.149 89	43.977 89
(Les intérêts du legs Giffard sont compris dans cette somme pour.	2.305 25		
2° *Pour le fonds inaliénable :*			
7 exonérations	4.200	5.828 »	
Don volontaire, M. Boivin.	1.500		
Divers.	128	1.628	

A cette somme de 43.977 89, il y a lieu d'ajouter :

1° Le montant du legs Giffard net de tout frais et intérêts.		50.000 »
2° Produit de la vente de 53 obligations au porteur provenant du fonds courant, soit.		20.219 50
Total des sommes disponibles au 31 mai 1886. . .		114.197 39

En ce qui concerne les recettes, il convient de noter pour mémoire qu'il reste dû à la Société au 31 mai 1886 :

1° Cotisations arriérées	9.748	52.228 »
2° Cotisations de l'exercice 1886.	42.480	

DÉPENSES

1° Impressions diverses, Bulletins mensuels, Procès-verbaux, etc.	35.193 »	57.728 55
2° Affranchissements, frais de poste. . . .	3.948 70	
3° Personnel	8.395 »	
4° Amortissements des obligations.	5.600 »	
5° Frais généraux et divers.	4.589 85	
Emploi du legs Giffard : achat de 131 obligations nominatives du chemin de fer du Midi, ayant coûté, tous frais compris.		50.372 05
Montant total des sommes encaissées pendant le 1er semestre.		108.100 60

RÉSUMÉ

Le solde en caisse au 18 décembre 1885 était de. . . .	17.105 25
Montant des sommes encaissées pendant le 1er semestre .	114.197 39

Montant total des sommes entrées en caisse pendant le 1er semestre	131.302 64
A déduire pour sorties de caisse pendant ce semestre. .	108.100 60
Solde en caisse au 31 mai 1886.	23.202 04

Ce solde en caisse est réparti comme suit :

1° Pour le fonds courant.	10.689 87
2° Pour le fonds inaliénable	12.512 17
	23.202 04

Sur cette dernière somme de 12.512 17 appartenant au fonds inaliénable, il y a lieu de conserver une somme de 3,500 francs représentant la valeur de 7 obligations restant encore à rembourser.

Le complément de cette somme de 12.512 17, moins les 3,500 à rembourser, soit 9,022 17, sera consolidé en un titre nominatif inaliénable.

AVOIR DE LA SOCIÉTÉ

1° *Fonds courant :*

1° En espèces		10.689 87	83.190 91
209 obligations du Midi ayant coûté. .		72.501 04	

2° *Fonds inaliénable :*

1° En espèces		12.512 17	
2° 19 obligations legs Nozo, ayant coûté.		6.000 »	
3° 131 obligations legs Giffard, ayant coûté		50.372 05	
		68.884 22	
4° Un hôtel ayant coûté. . .	278.706 90	275.206 90	344.091 12
Sur lequel il reste dû. . .	3.500 »		
Montant total de l'avoir de la Société			427.282 03

En ce qui concerne le legs de Mme Fusco Geyler dont le montant ne peut figurer que pour mémoire, quant à présent, le bureau de la Société a fait toutes les démarches nécessaires pour en prendre possession dès que les formalités légales auront été remplies. Il faut prévoir encore un certain délai avant la délivrance de ce legs.

M. LE PRÉSIDENT. — Messieurs, je crois être l'interprète des sentiments de tous, en exprimant, comme un agréable devoir à remplir, nos remerciements à notre Trésorier. Nous devons constater avec un

certain plaisir que notre fonds social augmente sans cesse ; un petit nuage seulement plane sur notre comptabilité et il faudrait le dissiper : les cotisations ne rentrent pas aussi exactement et aussi vivement qu'elles devraient le faire dans notre caisse. Si notre fonds social s'augmente constamment, c'est surtout en tant que fonds inaliénable ; or, le proverbe le dit : « On fait la cuisine avec l'argent de poche ; » c'est cet argent-là qui nous fait un peu défaut. Nous prions instamment les sociétaires en retard de nous entendre et de s'acquitter de leurs cotisations. Ils rendront service à la Société. (*Applaudissements.*)

Je propose à votre approbation, Messieurs, les comptes dont vous venez d'entendre la lecture.

Les comptes présentés sont approuvés à l'unanimité.

M. LE PRÉSIDENT. — Pour faire suite aux comptes financiers qui viennent de vous être présentés, nous avons un petit compte moral et honorifique fort agréable à régler, en cette séance : — c'est celui de la délivrance de la médaille de la Société. Il est, je le rappelle, dans nos traditions, de délivrer chaque année une médaille au mémoire le plus intéressant qui ait été présenté à la Société pendant l'exercice. Nos commissions nommées à cet effet, par sections, se sont réunies ; elles avaient chacune deux candidats en ligne. L'accord général s'est établi sur le mémoire de notre collègue M. Berthot, traitant des *Forces mutuelles et de leurs applications aux phénomènes Mécaniques, Physiques et Chimiques*, et il a été décidé que la médaille de la Société lui serait décernée.

C'est pour moi un véritable plaisir que d'avoir à remettre à notre collègue cette récompense si bien méritée et je suis heureux d'y joindre mes félicitations personnelles. (*Applaudissements.*)

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. Le Brun pour sa communication sur l'*Emploi de la Règle logarithmique aux calculs de terrassement.*

Nous donnerons seulement un résumé de cette communication qui sera reproduite *in extenso* dans le Bulletin.

M. LE BRUN présente à la Société un modèle construit par MM. Carpentier et Violet, membres de la Société. Il rappelle qu'en 1850 M. l'Inspecteur général des Ponts et Chaussées Lalanne avait déjà indiqué la possibilité d'employer la règle logarithmique à cet usage, sans que cette idée paraisse avoir été mise à exécution.

Il expose ensuite brièvement les principes et les hypothèses sur lesquels est basé le calcul des terrassements et dont on déduit le théorème fondamental suivant :

Le volume des terrassements compris entre deux profils consécutifs est égal à la somme des volumes obtenus en multipliant la surface de chaque profil par la demi-distance qui les sépare.

L'évaluation de la surface des profils constitue donc la principale

opération de ces calculs, et, pour simplifier cette besogne très laborieuse, on a imaginé de nombreuses méthodes prenant comme point de départ la formule donnant la surface du demi-profil,

$$S = \frac{(h + at)^2}{t \mp p} - \frac{a^2 t}{2}$$

Ces méthodes peuvent se grouper en trois catégories :

1° *Tables numériques.* — Les premières, celles de Fourrier, datent du commencement du siècle ; elles ont été multipliées à l'infini, mais elles ont toutes l'inconvénient d'être établies pour des cas spéciaux et dans des limites de pente trop restreintes. Leur emploi n'est du reste pas très rapide.

2° *Tableaux graphiques.* — Les plus remarquables sont ceux de MM. Lalanne et Rouit ; ils ont l'inconvénient d'être confus, peu exacts, à moins d'être établis à une très grande échelle, de fatiguer beaucoup la vue et de se détériorer rapidement. Ils doivent de plus être établis pour chaque cas particulier.

3° *Échelle spéciale.* — Le profilomètre de M. Ziégler (1878) et la règle logarithmique dont la première application a été faite à cette même date n'offrent aucun des inconvénients indiqués, s'appliquent à tous les cas et permettent d'opérer avec une rapidité et une approximation remarquables.

En discutant ces diverses méthodes, M. Le Brun a trouvé que l'on peut mettre la formule fondamentale sous la forme

$$xy = m^2$$

qu'il est possible de calculer au moyen d'échelles logarithmiques.

L'interprétation géométrique de cette formule l'a conduit à considérer le triangle déterminé par l'axe du demi-profil considéré, la ligne du terrain et la ligne du talus, dont la surface ne diffère de celle du demi-profil que par la constante $\frac{a^2 t}{2}$.

Le côté en coïncidence avec l'axe a pour valeur la cote rouge h, plus une constante at ; en appelant H ce côté, on trouve pour valeur de la largeur d'emprise :

$$l = \frac{H}{t \mp p}$$

et pour surface du triangle :

$$S = \frac{H^2}{t \mp p} \times 0{,}5$$

Ces formules ne contenant pas la valeur a de la plate-forme, s'appliquent par suite à tous les profils de voies, quelles que soient leurs largeurs.

Si on trace sur la réglette d'une règle à calcul une échelle logarithmique donnant les valeurs de $t \mp p$, on voit que l'on peut calculer d'un seul mouvement de la réglette les valeurs de l ou de S.

Il est inutile de faire, pour chaque profil, la correction $\frac{a^2 t}{2}$ qui tient compte de la largeur de la plate-forme; com mecette quantité est constante pour chaque série ininterrompue de profils constituant un remblai ou un déblai, il suffit de retrancher en une seule fois du cube obtenu le prisme ayant pour base la surface $\frac{a^2 t}{2}$ et pour longueur la longueur totale du remblai ou déblai considéré.

On peut, dans cette correction, tenir compte du cube des fossés, des banquettes, du bombement, en un mot de toutes les sujétions quelconques du problème.

Les profils mixtes n'étant qu'un cas particulier des profils complets, l'échelle permet de les calculer avec la plus grande facilité.

Lorsque la pente du terrain est uniforme sur toute la longueur du profil, on peut faire le calcul du profil entier en une seule fois par les formules :

$$l = \frac{H}{\frac{t^2 - p^2}{t}} \qquad S = \frac{H^2}{\frac{t^2 - p^2}{t}}$$

que l'on déduit des formules précédentes et qu'on peut mettre sous cette forme :

$$l = \frac{H}{i} \qquad S = \frac{H^2}{i}.$$

Il suffit, pour les calculer, d'établir une échelle logarithmique correspondant aux valeurs de $i = \frac{t^2 - p^2}{t}$.

Si la pente p est faible, on peut mettre la formule sous la forme :

$$S = \frac{H^2}{t - \frac{p^2}{t}}$$

Le terme $\frac{p^2}{t}$ est négligeable et la formule devient $S = \frac{H^2}{t}$; c'est la méthode de la pente sur l'axe qui suppose le terrain horizontal, et dont on peut faire le calcul à la règle avec une très grande rapidité.

Le volume s'obtient en multipliant la surface du profil par la distance d correspondante ; la formule, soit dans le cas des demi-profils, soit

dans le cas des profils entiers, peut se mettre sous la forme d'une quatrième proportionnelle :

$$V = \frac{H^2}{i} \times d.$$

Cette formule, avec la disposition d'échelle qui a été adoptée, peut se calculer d'un seul mouvement de la réglette, donnant à la fois *la surface et le volume correspondant à un même profil.*

On a de même, pour la surface d'emprise, $E = ld = \frac{H}{i} d$ qui peut également se calculer d'un seul mouvement de la réglette donnant à la fois *la largeur et la surface d'emprise correspondant au profil donné.*

M. Le Brun a cru inutile d'établir une échelle spéciale pour le calcul des longueurs et des surfaces de talus ; on peut se borner à calculer cette surface en une fois pour chaque déblai ou remblai par la formule connue :

$$T = (\Sigma ld - \Sigma ad)\sqrt{1 + t^2}$$

Il expose ensuite que ces échelles permettent aussi de calculer les terrassements, quelque compliquée que soit la forme du terrain, au moyen d'une décomposition de triangles. Elles s'appliquent même aux profils complexes des canaux.

Le profilomètre de M. Ziégler, bien qu'il ne permette pas de calculer les volumes présentant les mêmes caractères de généralité, M. Le Brun croit devoir en faire l'exposé pour établir la comparaison entre les deux méthodes. Cet appareil offre l'inconvénient d'exiger des modifications chaque fois qu'on passe d'un gabarit à un autre.

Il entre ensuite dans quelques détails sur les dispositions adoptées pour la règle à calcul dont l'ensemble rappelle la disposition de la règle Mannheim à laquelle il a cru devoir ajouter une échelle des racines cubiques.

Le calcul des terrassements se fait au moyen d'une réglette spéciale portant d'un côté l'échelle des demi-profils, de l'autre l'échelle des profils entiers.

Ces échelles sont disposées pour permettre le calcul des terrassements pour toutes les valeurs usuelles de t.

L'étude de l'approximation que l'on peut obtenir au moyen des méthodes exposées, l'amène aux conclusions suivantes :

En matière d'avant-projet : 1° Si les pentes sont régulières, plus petites que 0,05 pour les talus inférieurs à l'unité, plus faibles que 0,1 pour $t = 1$, on peut se dispenser de tenir compte de la pente et opérer par la méthode de la cote sur l'axe.

2° Si les pentes sont *régulières* mais dépassent les limites indiquées, il faut avoir recours à la méthode des profils entiers.

3° Si les pentes sont *fortes* et *irrégulières*, il faut employer la méthode des demi-profils.

Métrés définitifs. — La méthode des demi-profils est suffisamment approchée pour qu'on doive l'employer sans hésitation aux métrés les plus exacts, même dans le cas des règlements définitifs, tant que l'on peut admettre que la ligne du terrain est droite.

Si l'on opère à flanc d'un coteau très abrupt où les ruptures de pentes ne tombent pas sur l'axe, il est prudent de rapporter les profils et, dans ce cas encore, la règle permet d'en calculer les éléments avec une grande rapidité.

M. Le Brun termine cette étude en indiquant le temps employé par ces diverses méthodes.

Il rappelle que M. Ziégler indique qu'on peut, avec son appareil, calculer un profil entier en 36″, ce qui, avec la détermination des pentes, des volumes, la préparation des calculs, etc., équivaut au calcul du cube correspondant à 360 profils dans une journée de 8 heures , et représente, à raison de 4 à 5 profils par hectomètre, une longueur de tracé de 7 à 8 kilomètres.

Avec la *règle à calcul*, par la méthode des demi-profils, on peut calculer 450 profils entiers dans une journée de 8 heures, soit une longueur de 10 à 12 kilomètres. Par la méthode des profils entiers, on peut calculer dans le même temps environ 800 profils correspondant à une longueur de tracé de 16 à 18 kilomètres. Par la méthode de la cote sur l'axe, le nombre de profils calculés peut être compris entre 1,000 et 1,200, correspondant à une longueur de tracé de 20 à 25 kilomètres.

De cette étude comparative, il résulte qu'au moyen d'une réglette spéciale aux terrassements, s'appliquant à tous les cas de la pratique sans exception, sans aucune préparation préalable, on peut faire ces calculs avec une plus grande rapidité et une exactitude au moins aussi grande, sinon supérieure, à celle des autres méthodes.

Cet appareil qui se réduit à une réglette métallique de 16 millimètres de largeur sur 40 centimètres de longueur, offre en outre l'énorme avantage de pouvoir s'adapter à la règle à calcul qui fait nécessairement partie de l'outillage des études au tachéomètre, aussi bien que de l'outillage du bureau.

Tel est l'exposé, assez aride, de cette nouvelle méthode, et certainement plus facile à appliquer qu'à expliquer ; M. Le Brun espère qu'elle permettra aux praticiens de réduire dans une grande mesure le temps employé aux opérations sur le terrain.

M. le Président. — Je m'empresse d'exprimer à M. Le Brun l'intérêt et la satisfaction qu'a fait éprouver à la Société sa savante communication. Comme il le déclare lui-même, le sujet en est évidemment aride, en raison de la rigueur même des théories mathémathiques qui s'y pressent ; mais si l'on songe à la mise en pratique, la question prend

un autre aspect, car on en voit sortir pour les praticiens l'économie de temps et de peine conciliée avec une plus grande précision.

M. Le Brun trouvera la juste récompense de ses efforts et de ses travaux dans l'application même que les Ingénieurs feront de la méthode qu'il a indiquée et dont ils lui seront reconnaissants de leur avoir indiqué l'usage. (*Applaudissements.*)

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. Émile Trélat.

M. ÉMILE TRÉLAT. — M. le Président veut bien me donner la parole, Messieurs, pendant quelques minutes ; j'en userai pour vous demander de vouloir bien accepter l'invitation que vous fait la Société de Médecine publique, de visiter l'Exposition d'Hygiène à la caserne Lobau, à Paris. La Société de Médecine publique a installé, depuis un mois déjà, cette Exposition d'Hygiène urbaine. A aucun point de vue, la Société des Ingénieurs civils ne peut se désintéresser de cette tentative nouvelle. Il est bon de rappeler que c'est la première fois, dans le monde entier, qu'il se fait une Exposition de ce genre. Quelques tentatives analogues ont seulement été réalisées à Londres ; mais ces tentatives étaient noyées dans un ensemble troublant.

L'Exposition d'Hygiène de Paris est une curieuse et complète réunion de méthodes, de procédés, de recherches scientifiques destinées à servir la santé publique. Le point de vue commercial en est écarté et les membres de la Société des Ingénieurs civils qui voudront bien honorer de leur visite l'Exposition de la caserne Lobau, n'y trouveront ni un pot de pommade, ni un élixir : ils y verront partout des choses sérieuses, bien étudiées, méthodiquement classées, franchement présentées. Quelques-unes de ces installations sont des modèles admirables !

Ce que l'on y voit, comme installation et comme mise en scène des procédés étudiés, des tentatives faites pour assurer l'assainissement de Paris, est vraiment merveilleux. J'en dirai autant de ce qu'on y voit des procédés relatifs à la distribution des eaux, et des laboratoires où l'on étudie ce monde si petit, si invisible et si dangereux, qu'on appelle le monde des microbes. Tous ces utiles laboratoires sont représentés à l'Exposition : laboratoire Pasteur, laboratoire Marié Davy, de Montsouris, laboratoire municipal de la Ville de Paris, etc. Je ne peux rappeler ici tous les efforts qui ont été faits, ni énumérer toutes les méthodes mises au service de la salubrité dans les grandes villes. La salubrité des grandes villes réalisée, c'est-à-dire la possibilité donnée aux hommes de se placer coude à coude, de se toucher les uns les autres, dans une promiscuité dangereuse, sans s'entre-tuer par le manque d'air.

L'Exposition de la caserne Lobau est très diverse, très étendu et éminemment instructive. L'hygiène est une science à répandre au-

jourd'hui, elle est le secret de la santé publique ; la Société des Ingénieurs civils ne doit rien négliger de ce qui se fait dans ce sens.

Je suis ici l'interprète de la Société de Médecine publique; c'est en son nom, au mien, au nom de M. Herscher, membre du Comité de la Société des Ingénieurs civils et, en ce moment, vice-président de la Société de Médecine publique, que je vous adresse l'invitation pressante de visiter cette Exposition. Mercredi prochain, 23 juin, à quatre heures de l'après-midi, je vous engage, Messieurs, à vous y rendre. Il s'agit, bien entendu, d'une invitation gratuite et les mesures ont été prises pour que les groupes de nos collègues puissent être accompagnés par des *cicerone* compétents, heureux de se mettre à leur disposition. En une heure et demie, il sera possible à nos visiteurs de prendre une idée juste de l'effort qui a été fait, de la marche et de la puissance de cette Société de Médecine publique qui a fait déjà une œuvre si considérable.

M. LE PRÉSIDENT. — Je remercie, au nom de la Société, M. Trélat de sa communication. Les membres de la Société en profiteront certainement et seront exacts à cet utile et intéressant rendez-vous.

M. SIMON pense qu'il conviendrait peut-être de donner avis de cette invitation, par circulaire imprimée, aux membres de la Société, afin que les membres absents de la séance puissent être sûrement prévenus du jour et de l'heure fixés.

UN MEMBRE fait observer que si l'Exposition ne se termine pas le 23 juin, on pourrait peut-être remettre la visite au mercredi suivant, afin de permettre à un plus grand nombre de membres de la Société des Ingénieurs civils d'y prendre part.

M. LE PRÉSIDENT pense que, suivant le désir exprimé par un certain nombre de membres de la Société, il conviendrait peut-être de solliciter de la Société de Médecine publique une seconde visite dans les mêmes conditions.

M. TRÉLAT veut bien promettre de s'en occuper et de faire le possible.

M. HERSCHER fait observer que la clôture de l'Exposition aura lieu le 27 juin.

M. LE PRÉSIDENT. — M. Doux a la parole.

M. DOUX. — Vous vous souvenez, Messieurs, qu'il a été question dans vos séances des 5 et 19 mars et 2 avril dernier, des dispositions à prendre pour donner aux voyageurs de nouvelles garanties de sécurité.

Bien que je ne sois pas partisan des signaux d'appel et bien que je persiste à soutenir la nécessité de la transformation du matériel des chemins de fer, je crois devoir néanmoins vous donner communication, à titre de renseignement intéressant, d'un système qui vient d'être mis à l'essai en Belgique et qui fonctionne au moyen de l'air comprimé du frein Westinghouse.

Voici le texte de l'ordre de service de la Direction des chemins de fer de l'État belge.

DIRECTION DE LA TRACTION
ET DU MATÉRIEL

EXPLOITATION

Ordre de service N° 72

INTERCOMMUNICATION OU APPAREILS AVERTISSEURS
SYSTÈME WESTINGHOUSE

Le 26 avril 1886.

DESCRIPTION ET FONCTIONNEMENT DES APPAREILS. — Les rames de voitures affectées aux trains express de la ligne Bruxelles-Verviers-Cologne, et certaines voitures entrant isolément dans les compositions de ces trains (parmi ces voitures sont comprises celles du service direct Ostende-Cologne et Calais-Cologne), sont munies d'appareils avertisseurs fonctionnant par le moyen de l'air comprimé de la conduite générale des freins Westinghouse.

Chaque voiture est munie d'un robinet au-dessus duquel est monté un sifflet mis en communication avec la conduite générale. De la clef du robinet part un câble qui règne sur toute la longueur de l'impériale de la voiture. Dans chaque compartiment est placée une poignée qui permet d'actionner ce câble. Quand un voyageur veut faire un appel aux agents du train, il attire cette poignée. Ce mouvement détermine l'ouverture du robinet et par suite la mise en action du sifflet. Cette poignée, une fois dérangée de sa position normale. ne peut être remise en place qu'à l'intervention d'un agent du train agissant par l'extérieur. A cet effet, le câble du robinet est prolongé sur la paroi d'about de la voiture. En agissant sur cette partie de câble, on ferme le robinet du sifflet et on remet la poignée du compartiment dans sa position normale.

Afin de prémunir les voyageurs contre l'emploi abusif des avertisseurs, les poignées placées dans les compartiments sont entourées d'une plaque portant dans les deux langues l'inscription suivante :

« Bouton d'appel : Tout appel non justifié expose à des poursuites judiciaires. »

La moindre dépression produite dans la conduite du frein par l'ouver-

ture d'un sifflet amène le serrage graduel des freins et arrête le train au bout d'un certain temps.

Le sifflement produit et la position des poignées permettent au personnel du train de reconnaître d'abord la voiture, ensuite le compartiment d'où est parti le signal d'alarme.

Outre les appareils des voitures, le système d'intercommunication Westinghouse comporte encore l'installation d'un avertisseur sur la locomotive. Une disposition spéciale met l'avertisseur en communication avec le robinet de manœuvre du frein continu.

Cependant l'avertisseur placé sur la locomotive n'est pas indispensable au fonctionnement des appareils montés aux voitures.

MESURE A PRENDRE PAR LE MACHINISTE. — Lorsque le machiniste est prévenu de l'appel du voyageur, soit par l'avertisseur placé sur la locomotive, soit par le sifflement de l'appareil d'une voiture, soit par le ralentissement du train, il se met aussitôt en devoir d'arrêter le train le plus rapidement possible.

Cependant, si le machiniste juge qu'il serait imprudent, en raison du point de la voie où il se trouve, d'arrêter immédiatement, il peut, en mettant la poignée du robinet dans la position de desserrage, empêcher pendant deux ou trois minutes les freins de se serrer, ce qui lui permettra de dépasser le point dangereux.

VÉRIFICATION DES APPAREILS AVANT LE DÉPART DU TRAIN. — Le fonctionnement régulier des avertisseurs Westinghouse devra être fréquemment contrôlé avant le départ du train. A cet effet, le serre-frein a vérifié que tous les robinets d'accouplement du train sont ouverts, à l'exception du robinet d'arrière du dernier véhicule, il fait un appel en tirant la poignée de l'un quelconque des compartiments d'une voiture.

A ce signal, le machiniste tourne son robinet de manière à déterminer le serrage des freins. Le serre-frein ferme ensuite le robinet du sifflet de la voiture et vérifie le fonctionnement du frein conformément aux instructions.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Doux de sa communication.

M. Ernest Vlasto a la parole pour son analyse de l'ouvrage de M. Berthelot intitulé : les *Origines de l'alchimie*.

M. ERNEST VLASTO.—Messieurs, l'heure est tellement avancée que je n'ai pas l'intention de vous retenir longtemps. Permettez-moi seulement de vous rappeler que, l'année dernière, M. de Comberousse ayant cité ici le bel ouvrage de M. Berthelot, intitulé : *Origines de l'alchimie*, j'ai cru devoir prendre la tâche difficile d'analyser cet ouvrage pour le Bulletin de la Société. C'est ce travail que j'ai l'honneur de vous communiquer. L'alchimie est un sujet qui sort un peu du cadre des communications habituelles de la Société des Ingénieurs civils. Mais le sujet est d'un haut intérêt. L'ouvrage est de plus l'œuvre de l'un des nôtres les plus

éminents ou qui doit être des nôtres. Car, je le rappelle, nous avons toujours l'espoir, un jour ou l'autre, de voir M. Berthelot faire partie, comme membre honoraire, de notre Société. Ce sera un honneur pour nous.

L'auteur du traité si remarquable sur les explosifs, le plus important qui ait été fait dans cet ordre d'idées, et qui a rendu des services si marqués notamment à l'artillerie, n'est-il pas, en même temps qu'un de nos grands chimistes, un grand Ingénieur dans le sens le plus élevé du terme?

M. LE PRÉSIDENT. — Le compte rendu bibliographique de M. Ernest Vlasto sera inséré dans le Bulletin, et il est pris bonne note du désir qu'il exprime, en son nom et en celui de plusieurs de ses collègues, de voir M. Berthelot accepter de figurer comme membre honoraire dans l'Annuaire de la Société des Ingénieurs civils.

M. LE PRÉSIDENT informe la Société qu'il a reçu de M. Colladon, de Genève, pour être déposée aux archives de la Société, une médaille commémorative de la mise en service de la première partie du service hydraulique du lac de Genève.

C'est sur l'initiative de M. Colladon qu'a été établie à Genève une importante distribution d'eau : on a pris pour cela les eaux du lac, et on les a ensuite utilisées au moyen de turbines, pour distribuer aussi la force motrice à domicile. La première partie de ce travail a été mise en service ces jours derniers. M. Colladon n'a pas oublié, en cette circonstance, la Société des Ingénieurs civils et lui fait don d'une médaille commémorative authentique en bronze, destinée à perpétuer la date et le souvenir de cette inauguration.

MÉMOIRE

SUR LES

AMÉLIORATIONS A APPORTER

AU

PORT DU HAVRE

ET DANS

L'ESTUAIRE DE LA SEINE

COMPLÉMENT DU MÉMOIRE DE M. DE COENE

Par M. LE BRUN (Raymond)

AVANT-PROPOS

Les objections qui ont été faites au projet présenté par M. de Coene nous ont fait sentir la nécessité d'entrer davantage dans le détail des dispositions critiquées, de faire connaître les études qui ont été faites sur cette question, de préciser les raisons qui ont guidé dans le choix de la solution adoptée.

On nous a très vivement reproché de trop généraliser des faits qui semblaient favorables à l'idée fondamentale du projet, faits qui ne constitueraient que des accidents, et auxquels on ne peut à aucun point de vue attribuer l'importance d'une loi générale. — On a posé au contraire en principe absolu que chaque fleuve avait un régime spécial dont il était presque impossible d'analyser les causes et qu'en aucun cas on ne pouvait conclure d'un exemple à un autre.

On a cité à l'appui de cette thèse l'opinion de quelques ingénieurs anglais qui se sont fait un nom dans l'étude de l'amélioration des ports.

Nous pensons que la méthode à suivre dans les sciences d'ob-

servation est entièrement différente, nous croyons qu'en matière d'hydraulique fluviale et maritime aussi bien que dans toutes les branches de la Physique, les mêmes causes amènent toujours les mêmes effets et nous ne pouvons mieux la formuler qu'en rappelant l'exposé magistral qu'en a fait M. Fargue :

« *J'ai recueilli un certain nombre de faits, et j'ai tâché d'y démêler* » *des éléments constants, c'est-à-dire des lois. Appliquant le raison-* » *nement à ces lois, j'en ai tiré diverses conséquences, et j'ai formulé* » *la solution d'un cas particulier d'un vaste problème.*

» *Observation des faits et déductions logiques, telle est en deux mots* » *ma méthode. Elle est sûre et féconde, c'est celle de toute science* » *physique.* »

Nous savons combien il reste de questions obscures en ces difficiles matières, mais les observations enrichissent chaque jour notre domaine, et si nous ignorons encore absolument la cause de certains phénomènes, si nous n'avons que des hypothèses encore bien douteuses pour en expliquer certains autres, nous disposons cependant de lois d'observation parfaitement vérifiées, dont l'application démontre journellement la justesse.

Telles sont, pour ne citer que les plus récentes, l'action de la courbure des berges sur la profondeur du lit dont l'étude est due à M. Fargue et la théorie de notre collègue M. Vauthier sur l'action de la masse oscillante d'un fleuve à marée sur son estuaire, etc.

Il y a à peine quarante ans, on jugeait les embouchures incorrigibles ; le petit nombre des observations qu'on avait été à même de faire, l'insuccès de travaux projetés sans une connaissance suffisante de ces phénomènes avaient amené les ingénieurs à abandonner le lit du fleuve, pour recourir à un canal latéral (canal de Caen à la mer, d'Abbeville à Saint-Valery). — Il y a peu d'années encore, sous l'empire de ces idées, on a construit le canal de Nantes à Saint-Nazaire. — Nous ne parlons pas du canal de Tancarville, dont la construction a été décidée par d'autres considérations.

Le succès des travaux de la Clyde, de la Vire, puis de ceux de la Seine a amené une profonde modification dans cette branche de la science de l'ingénieur, et a fait passer presque à l'état d'axiomes certaines lois d'hydraulique fluviale aussi discutées à cette époque que celle qui vient d'être formulée par M. Partiot.

Quand on se trouve en face d'un problème de cette nature, on ne peut le résoudre que par une étude détaillée dans la mesure du possible de chacune des causes, par l'analyse de chacun de leurs effets; — on cherche ensuite à en dégager la résultante dans chaque cas particulier. C'est, du reste, la méthode suivie dans l'étude de tous les projets reposant sur les sciences d'observation.

Elle est la seule rationnelle, et c'est celle que suivent les ingénieurs anglais. Pour s'en convaincre, il suffit de lire leurs volumineuses et consciencieuses enquêtes pleines de faits, de comparaisons si instructives entre les solutions analogues, de déductions si motivées sur l'effet probable des mesures proposées. La tendance des habitudes anglaises semble se refuser à codifier les résultats acquis, à les réunir en corps de doctrine, mais il n'en ressort pas moins nettement de leurs ouvrages que la recherche et l'application des grandes lois d'hydraulique maritime est pour eux comme pour nous l'objet de leur principale préoccupation; il serait trop facile d'en multiplier les exemples à l'infini (1).

Si de ces idées d'ordre général on revient à l'amélioration de la Seine, le but des études entreprises doit être de déterminer les ouvrages au moyen desquels il est possible de modifier le régime actuel de l'embouchure du fleuve pour donner satisfaction aux intérêts généraux du pays tout entier, aussi bien qu'aux intérêts particuliers de la région. — Le programme des résultats à obtenir doit être formulé ainsi :

1° *Création d'une rade abritée devant le Havre, permettant l'entrée des navires dans le port à toute heure de marée ;*

2° *Conservation et amélioration du port de Honfleur ;*

3° *Entrée des navires calant 8 mètres, à Rouen, par toute marée ;*

(1) M. Hawkshaw. *Enquêtes diverses.* — Effet de la direction des passes placées dans le fil des courants littoraux sur le maintien des profondeurs dans les ports, etc., etc.

M. W. A. Brooks. *Embouchure des fleuves.* — « Enfin tout en regardant comme » impossible de poser des règles tout à fait générales pour le traitement de l'em- » bouchure des fleuves, on a cependant admis qu'il y avait plus de similitude » qu'on ne le pense généralement dans les divers cas qui peuvent se présenter. »

M. J.-J. Révy. *Hydraulic of Panama, Uruguay and the La Plata Estuary.* — Recherches de l'influence de la forme des rives sur la profondeur et les lois de l'écoulement.

Enquête *sur la baie de Carlingford.* — Influence de l'étranglement de la baie sur la profondeur du goulet, etc., etc.

4° Défense du Havre et création d'un abri pour nos flottes de guerre et de commerce.

M. de Coene, dans son mémoire, passe en revue les principaux projets qui ont été proposés pour l'amélioration de l'embouchure, il est inutile d'y revenir ; nous ne nous arrêterons qu'aux indications données par M. Vauthier dans cette discussion.

Il admet l'effet des goulets, mais il ne croit pas que cet effet se maintienne ; d'après lui l'estuaire se comblera à la longue sous l'action des apports du Calvados, et la quantité d'eau introduite diminuant, la passe diminuera de profondeur et les travaux seront à recommencer. Il pense que les digues évasées, combinées avec les corrections de la partie fluviale, suffiront pour améliorer suffisamment les passes ; — il accepte les divagations du chenal entre les digues qu'il projette, et confesse qu'on ne peut fixer à l'avance sa position.

En admettant que tout se réalise comme il l'espère, bien que plusieurs des ingénieurs attachés au service de la Seine aient fait des réserves à cet égard, nous ne pourrions encore accepter cette solution qui, se bornant à l'amélioration du chenal, ne constitue par suite qu'une partie du problème à résoudre d'une importance bien plus vaste, bien plus capitale, dont nous venons de formuler le programme.

Nous devons retenir de son remarquable travail tout ce qui a rapport à la partie fluviale, aux améliorations à y apporter pour augmenter le volume et le chemin parcouru par le centre de gravité de la masse oscillante en amont de l'estuaire. Nous pensons, comme lui, que les modifications faites dans le sens qu'il indique auront le meilleur effet dans l'estuaire lui-même, mais il ne faut pas perdre de vue les besoins du Havre et de Honfleur.

Depuis longtemps nous pensons que l'unique solution qui s'impose consiste à empêcher les divagations du chenal, en réduisant l'embouchure de l'estuaire aux proportions exigées par le débit du fleuve, et qu'il faut profiter des travaux d'amélioration pour le porter contre les jetées du Havre où l'action prolongée des courants sur un point unique creusera une rade profonde donnant accès à toute heure de marée à notre grand port de la Manche.

En étudiant sur place le régime de l'estuaire, en interrogeant les pratiques de la Seine, en examinant les rapports et les projets déjà publiés sur cette question, nous avons hésité un moment entre la solution proposée par M. Bouniceau en 1845 (Pl. 121, Fig. 20) consistant à prolonger les digues de la Seine jusque dans la petite rade sous le cap de la Hève, et le projet du môle projeté par M. Partiot; à la suite d'une discussion approfondie, de nombreuses vérifications, nous avons adopté comme base de notre projet la digue constituant une baie fermée par un goulet qui résout à la fois et d'une façon définitive le problème dans toute sa généralité. Le principe sur lequel repose cette solution ayant été très discuté, nous croyons utile de citer de nouveaux exemples caractéristiques à l'appui et d'entrer dans de nouveaux détails sur le régime de la baie.

I. — LOI DE M. PARTIOT SUR LES EMBOUCHURES A GOULET

La loi de M. l'Inspecteur général Partiot peut se formuler de la façon suivante :

Lorsqu'une baie à fond affouillable est séparée d'une mer sujette à l'action des marées par un goulet, il se produit dans le goulet sous l'action des courants alternatifs de marée une fosse profonde s'étendant en amont et en aval, et les profondeurs se propagent en formant des chenaux qui s'étendent à de grandes distances des deux côtés de la passe.

Lorsqu'un cours d'eau débouche dans la baie, l'action des courants de jusant se trouvant augmentée, l'effet indiqué se produit avec plus d'intensité.

En effet lorsque la masse d'eau *sort* d'une baie par une ouverture rétrécie à fond mobile, la vitesse du courant augmente, l'équilibre entre la vitesse du fond et la résistance du sol ne peut s'établir que par un approfondissement dont l'importance varie suivant le débit et la largeur du goulet. Les sables d'amont sont entraînés par le jusant dans la fosse ainsi produite et il se forme par la propagation de ce mouvement un ou plusieurs chenaux dont les dimensions dépendent du débit et de la durée du jusant. Une cause analogue amène en aval la création d'un autre chenal par le flot. Ces deux chenaux se raccordent dans la partie la plus étroite du goulet, dans le voisinage de laquelle se trouve la partie la plus profonde.

Les sables qui pénètrent dans la baie retenus par leur poids suivent les chenaux où ils vont et viennent et d'où ils sont rejetés peu à peu par le jusant. Les matières les plus ténues peuvent seules se déposer sur les parties hautes des bancs, l'intérieur de la baie étant garanti de l'action des grandes lames du large par les digues qui la ferment en partie.

Les vagues qui sont bien moins puissantes dans la baie suffisent cependant pour soulever les matières légères qui se déposent sur le sommet des bancs; elles les mettent en suspension dans l'eau qui les entraîne dans le courant du jusant.

Il faut remarquer que l'action des coups de vent qui soulève des quantités énormes de sables, et qui peut en amener dans la baie, n'est que momentanée, tandis que celle du jusant qui les rejette à la mer se produit deux fois par jour, par tous les temps, et agit d'une manière incessante.

Dans le long espace compris entre l'origine du chenal dans l'estuaire et son extrémité vers l'aval, les courants ne permettent pas aux galets et aux sables de s'arrêter; ils vont et viennent, et quand il s'agit d'un fleuve à grand débit, les eaux douces augmentant la masse d'eau du jusant, ils sont définitivement rejetés à la mer où ils constituent les bancs que l'on rencontre au large de toutes les embouchures ainsi constituées.

S'il n'en était pas ainsi, les estuaires des fleuves seraient depuis longtemps comblés, soit par les apports marins, soit par les alluvions fluviales qui, si elles sont à peu près nulles dans la Seine, peuvent atteindre annuellement dans la Loire, le Tage, la Garonne, pour ne citer que quelques exemples, un volume considérable.

L'effet produit est évidemment fonction de la largeur de la passe, de la capacité de la baie, de la hauteur des marées; mais comme il est influencé *par les vents régnants et le régime des courants littoraux*, on n'a pu encore recueillir de renseignements assez précis sur le phénomène dégagé des actions perturbatrices pour déterminer la relation empirique ou théorique qui relie ces données entre elles. Cependant, on peut déduire des chiffres du tableau ci-dessous, au moins à titre de première indication, que la distance des profondeurs de 10 mètres à l'aval du goulet s'étend à un kilomètre par

chaque centaine de millions de mètres cubes pénétrant en vives eaux dans la baie.

EMBOUCHURES	VOLUME de l'estuaire en hectares	DÉNIVELLATION de niveau	VOLUME approximatif en millions de mètres c.	LONGUEUR en kilomètres	LONGUEUR par chaque 100 millions de mètres c.	Observations
Gironde.	55.255	4.43	2.447	25 (?)	1.02kil.	
Escaut occidental .	35.048	4.80	1.682	15	0.89	
Loire	9.890	5.35	556	7	1.26	(1) Longueur probable d'après le tableau ci-contre.
Tage.	16.395	3.66	600	6.5(?)	1.08	
Mersey.	12.092	8.40	1.015	17	1.67	
Rio grande do Sul.	7.187	0.60	431	3	0.70	
Seine		8.00	693	7 (1)	1.00	

II. — EXEMPLES DIVERS D'EMBOUCHURES A GOULET

Nous ajouterons aux exemples déjà cités dans le mémoire de M. de Coene un certain nombre de baies à goulet, très caractéristiques, et en premier lieu nous donnerons la baie d'Arcachon (Pl. 119, fig. 1). Les phénomènes qui se passent dans cette baie placée sur une côte sablonneuse exposée normalement aux plus violentes tempêtes en font un exemple tellement caractéristique que c'est leur étude qui a amené M. Partiot à formuler cette loi d'observation vérifiée par tant d'exemples. Nous ne pouvons mieux faire que de citer textuellement ses remarques.

Baie d'Arcachon. — « La baie d'Arcachon est située en arrière » d'une plage sablonneuse à talus très peu incliné sur laquelle la » mer déferle jusqu'à près de 2 kilomètres au large pendant les » tempêtes. — Elle est exposée aux vents d'ouest, frappant normalement à la côte ; elle ne reçoit qu'un mince filet d'eau douce » par la Leyre.

» La baie d'Arcachon est séparée de l'Océan par le cap Féret » produit par les dépôts successifs des sables apportés du nord » par le courant littoral. Cette pointe ne paraît pas avoir existé » à toute époque, et quand la baie était entièrement ouverte à la » mer, les coups de vent d'ouest devaient y accumuler les sables » comme sur toute cette côte, et relever surtout leur niveau vers » le fond de la baie. L'on y trouve en effet, près d'Andernos, des

» dunes dont c'est probablement l'origine ; mais lorsque le courant » littoral est venu former le cap Féret, et clore presque entière- » ment la baie, les eaux prirent diverses directions en entrant dans » l'estuaire, les courants laissèrent entre eux des espaces où l'eau » avait moins de vitesse, et où les sables vinrent se déposer, comme » le prévoient les adversaires du projet. Il s'est ainsi produit des » bancs et des chenaux ; les bancs se sont accrus jusqu'à une » certaine hauteur, mais ils sont encore couverts par les pleines » mers et leur niveau ne paraît plus s'élever. »

Ces idées ont été confirmées depuis par des renseignements récents donnés par M. Jaquemot, Inspecteur général des Ponts et Chaussées, dont nous extrayons ce qui suit :

« Donc, à cette époque le bassin d'Arcachon n'était pas fermé » vers le sud, et s'arrêtait probablement au cap Bernède. — Dans » mon opinion, à cette époque relativement reculée (1), le bassin » d'Arcachon n'était réellement pas un bassin, mais seulement » une crique composée d'un grand nombre de chenaux, séparés » par des îles ou îlots, la plupart submergés à toute marée. Ces » îles ou îlots doivent leur consistance, leur fixité à leur consti- » tution géologique. Elles sont formées d'une terre grasse argi- » leuse que ni les courants superficiels, ni les courants des che- » naux ne peuvent entamer profondément. Il peut s'y déposer » accidentellement des sables amenés par le flot, *mais ces sables* » *sont ordinairement balayés assez vite par le jusant.* Ces terrains » ont reçu dans le pays le nom de *crassats.* — C'est sur ces cras- » sats que sont établis les parcs d'huîtres... A l'époque où le bassin » était une crique, l'île des Oiseaux, qui n'est autre chose qu'un très » vaste crassat en partie insubmersible plus avancé que tous les » autres, constituait une sorte de brise-lames protégeant le fond de » la crique. »

Baie de Carlingford. — Port de Greenore. (Pl. 119, Fig. 2.) — La baie se trouve resserrée entre les deux caps de Greenore et de Greencastle ; sous l'influence de cet étranglement, les courants ont approfondi le chenal jusqu'à 18 et 20 mètres de profondeur. Les

(1) Cette époque paraît être le bouleversement géologique à la suite duquel le rocher de Cordouan a été séparé de la côte du Médoc vers le IVe siècle de notre ère.

rapports anglais cités par M. Laroche estiment que, d'après les fosses très caractérisées qui existent en amont et en aval du goulet, la profondeur y serait encore plus considérable si la nature du sol ne s'y opposait : les sondes, en effet, indiquent le rocher sur un grand nombre de points.

Le promontoire de Greenore *agit comme un épi*, et à son extrémité la profondeur se maintient d'autant plus grande que les eaux d'amont viennent se joindre en ce point au courant principal de jusant.

La Compagnie du North Western Railway, profitant de ces circonstances naturelles, a construit en 1873 devant Greenore un quai accostable à toute heure de marée, et des installations spéciales pour établir de ce point à Holyhead un service rapide entre l'Angleterre et le nord de l'Islande.

Estuaire du Foyle. — La petite rivière du Foyle dont le débit est faible par rapport à celui de la Seine, vient se jeter dans un estuaire de 28 kilomètres de longueur et 13 kilomètres à sa plus grande largeur (Pl. 119, Fig. 3).

Il présente cette particularité que les sables venant de l'est se sont avancés dans l'estuaire à près de 6,500 mètres dans l'ouest et ont formé la pointe Macgilligan, ne laissant qu'une ouverture libre de 13 à 1,400 mètres, environ le dixième de la plus grande largeur.

Le chenal formé par les actions naturelles des marées et des courants présente plusieurs particularités que nous devons retenir. Dans le goulet, sa profondeur est de 22 mètres, la fosse offre des profondeurs de 10 mètres jusqu'à près de 10 kilomètres en amont ; en aval il n'a pas moins de 12 mètres d'eau sur la barre au-dessous des plus basses mers. Il est parfaitement sain, très régulier.

A l'intérieur de la baie, il s'est formé plusieurs chenaux, mais le principal qui reçoit les eaux de la Foyle s'appuye sur la rive droite, et malgré les sinuosités de la côte, affecte une courbure assez régulière dont le rayon moyen serait de 27 kilomètres.

Ce chenal est abrité contre les vents dominants du S.-O. au N.-O. par les collines élevées du Donegal; il est orienté au N.-N.-O. du côté où la mer est libre, c'est-à-dire qu'il est exposé directement aux lames les plus violentes de cette région.

La vitesse des courants de flot et de jusant atteint 3 nœuds, soit $1^m,55$ par $1''$.

Le flot principal arrive clair par le Nord; un second courant de flot suit la côte Est et pénètre dans l'estuaire par la passe Sud longeant de très près la plage; — la pointe de Macgilligan sous l'action du courant de l'Est s'est arrondie vers le large, offrant ainsi une forme qui facilite singulièrement l'entrée de ce courant secondaire de flot.

A l'est de l'estuaire, du côté où viennent les sables, on trouve le grand banc de Tuns séparé de la côte par une passe bien dessinée, moins profonde cependant que le chenal principal; nous retrouvons donc là la confirmation du phénomène dont nous avons signalé l'existence au large de toutes les embouchures à goulet.

Nous devons faire remarquer l'analogie frappante de cet estuaire avec celui de la Seine modifié par l'épi de M. Partiot, il en est la reproduction symétrique presque identique. Mêmes dimensions, même forme, même orientation des courants de flot et de jusant, des vents de tempête par rapport à l'axe de la baie, presque même amplitude de marées ($8^m,50$ au lieu de 8 mètres); en retournant la carte de la Foyle sens dessus dessous, elle coïncide presque exactement avec celle de l'estuaire de la Seine.

Toutes ces remarques trouveront leur application dans le projet d'amélioration de la Seine, et en effet s'il n'existe de causes perturbatrices puissantes, il n'y a pas de raison pour que ces lois générales ne produisent les mêmes effets.

Exemples divers. — La rivière de Southampton débouche dans une baie où les marées présentent le même phénomène que dans la baie de la Seine : une longue durée de l'étale de flot et un double sommet de la courbe correspondant à la période de flot. La profondeur du goulet est de 14 mètres (Fig. 4, Pl. 119).

Tous les havres situés au nord de l'île de Wight offrent, avec cette disposition nettement accusée, des profondeurs remarquables. Portsmouth se trouve placé sur un de ces goulets.

L'embouchure de la Medway où les Anglais ont établi l'arsenal de Sherness, dans la baie sablonneuse de la Tamise, offre des profondeurs de 15 mètres dans le goulet (Fig. 5, Pl. 119).

Dans la mer du Nord on trouve, dans le goulet si caractéristique du Zuyderzée (Le Helder), des profondeurs de 30 à 35 mètres (Fig. 7 *bis*, Pl. 119).

Le goulet qui se trouve à l'embouchure de la Jahde maintient des profondeurs de 12 à 14 mètres qui ont permis aux Allemands d'établir dans un abri parfaitement sûr le port et l'arsenal militaire de Williamshaven (Fig. 7, Pl. 119).

On a contesté à tort que les embouchures de l'Escaut et de l'Elbe soient des goulets bien caractérisés, mais on ne peut nier en tous les cas l'effet produit dans ces embouchures par la concentration des courants d'eau dans une seule passe où les profondeurs atteignent 18 et 20 mètres (Fig. 6, Pl. 119).

Si nous rappelons les exemples de la planche 118 du mémoire de M. de Coene, dans le goulet de la Gironde, nous trouverons des profondeurs dépassant 20 mètres.

Dans l'estuaire du Tage elles atteignent cette profondeur dans toute la longueur du goulet.

Dans l'estuaire de l'Humber elles varient entre 12 et 20 mètres.

Les baies à goulet du Morbihan, de Brest, de Cadix, de Poole, de Morlaix présentent toutes des profondeurs supérieures à 15 mètres.

Il suffit d'ailleurs de prendre les cartes marines des côtes découpées de Bretagne, d'Angleterre et d'Irlande pour en trouver la confirmation dans toutes les criques présentant des goulets.

III. — EMBOUCHURES DANS LES MERS SANS MARÉES

Embouchure du Rio Grande do Sul. — Cette embouchure présente une démonstration frappante de la manière dont se forment les chenaux. La marée a peu d'amplitude, 0,60 seulement, tandis que les eaux douces ont un énorme débit.

D'après la théorie de M. Partiot, le chenal en aval du goulet formé par le flot devra avoir une faible longueur à cause du faible jeu des marées ; tandis que le volume du jusant étant considérable, le chenal dans sa partie amont devra avoir une grande largeur.

C'est ce qui est vérifié par les faits. Le chenal creusé par le flot n'a que 3 kilomètres en aval du goulet, contre 12 kil. 5 en amont pour la partie creusée par le jusant.

Embouchures du Rhône. — Si la loi est vraie, elle doit encore se vérifier en supposant la marée nulle. En ce cas les courants de flot n'existant pas, il ne doit pas y avoir de chenal en aval, tandis qu'une fosse profonde doit exister en amont de l'embouchure. C'est en effet ce que l'on observe dans le Rhône (Fig. 8, Pl. 119) où la

barre forme un arc de grand rayon, concave par rapport au fleuve, dont le sommet s'éloigne et s'abaisse pendant les grandes crues, se rapproche et s'élève pendant les basses eaux, et surtout quand la mer bat avec violence à la côte (on sait en effet que c'est surtout sous l'action des lames que se forment les barres), tandis qu'en amont de l'embouchure, sur près de 10 kilomètres, en face de Saint-Louis-du-Rhône se trouve un magnifique mouillage de 8 à 10 mètres de profondeur, qu'on pourrait améliorer encore par un tracé plus rationnel des digues.

IV. — EMBOUCHURES ÉVASÉES

Il serait facile de multiplier encore ces exemples, et de reprendre la démonstration inverse, c'est-à-dire des mauvaises conditions nautiques des rivières à embouchure évasée; quelques-unes, exceptionnellement placées par rapport aux courants et aux vents régnants comme la Tamise, offrent des profondeurs de 6 mètres, bien inférieures comme on le voit aux profondeurs de 15 à 30 mètres des baies à goulet, mais cette profondeur est exceptionnelle; il est rare qu'elle atteigne 2 mètres au-dessous du zéro des cartes; ces baies se composent le plus souvent de bancs mobiles au milieu desquels oscillent les chenaux sous l'action des vents et des courants, et dont les chenaux offrent d'autant moins de profondeur que leurs déplacements sont plus fréquents.

Baie de la Somme. — Si les exemples antérieurs nous font voir que les baies à goulet, même celles qui ne reçoivent pas d'eaux intérieures, ne se colmatent pas, l'exemple de la baie de la Somme nous montre qu'il n'en est pas de même des estuaires en trompe ou en pavillon quand l'écoulement des eaux douces cesse par accident (Fig. 9, Pl. 119).

Cette baie présente la forme caractéristique des embouchures évasées. — Avant 1835 la marée remontait à quelques kilomètres en amont d'Abbeville, par un chenal sinueux et peu profond, dangereux pour la navigation. — Suivant les idées en cours à cette époque, on construisit un canal latéral d'Abbeville à Saint-Valery; mais pour tâcher de conserver la baie, on ménagea en amont des écluses de chasse pour entretenir le chenal. Les sables déposés par une tempête ayant bouché l'écluse, on dut faire

écouler la rivière par le canal; à la suite de cet accident, la baie se colmata avec une rapidité telle qu'on dut abandonner définitivement l'estuaire qui est transformé en prairies presque jusque sur le méridien de Saint-Valery.

Cet exemple, rapproché de celui de la baie d'Arcachon, démontre quelle est l'influence de la forme de la baie sur les alluvions, en nous permettant de faire la comparaison de deux types caractéristiques abandonnés à eux-mêmes sans écoulement d'eaux douces.

La baie d'Arcachon à goulet, sans débit appréciable d'eaux douces, ne se colmate pas, — bien que placée en pleine côte sablonneuse.

La baie de la Somme évasée en pavillon s'est colmatée rapidement, dès que l'écoulement des eaux douces a été supprimé.

Ces conclusions ne sont donc pas trop généralisées, la loi se vérifie dans tous les exemples que l'on a pu se procurer, sans exception, et pour qu'elle fût en défaut, il faudrait l'intervention de causes locales bien puissantes : nous examinerons si elles se rencontrent à l'embouchure de la Seine.

V. — RÉGIME DES MARÉES, DES COURANTS ET DES ALLUVIONS DANS LA BAIE DU CALVADOS ET DANS L'ESTUAIRE.

On sait que l'onde marée se propage dans l'Atlantique de l'ouest à l'est avec une vitesse dépendant de la profondeur des fonds; que les côtes exercent sur sa propagation une influence retardatrice; que les vents, suivant que leur action est directe ou contraire, l'avancent ou la retardent ; — enfin que dans le fond des baies en entonnoir la propagation de la marée se trouvant arrêtée, l'extinction de sa puissance vive se traduit par une surélévation qui atteint en certains points des hauteurs considérables : — nous citerons la baie du Mont-Saint-Michel, l'estuaire de la Severn, le Bourg-d'Ault.

On sait de plus que la courbe normale de marée affecte la forme d'une sinusoïde, plus ou moins déformée par les circonstances locales ou météorologiques.

Or, si on examine les courbes simultanées de la marée dans la Manche entre Cherbourg et Dunkerque (Fig. 3, Pl. 115; Fig. 10 et 11, Pl. 120), on est frappé de l'anomalie que présente l'onde dans la baie

du Calvados. Le sommet de la courbe de marée du Havre, par exemple, se trouve entièrement aplati, et l'étale de la pleine mer, au lieu de ne durer que quelques minutes, persiste pendant près de trois heures ; tandis que la configuration de la côte de la Hève semblerait indiquer une surélévation de l'onde, c'est le contraire qu'on observe. On a longtemps attribué ce phénomène à la présence de l'estuaire de la Seine, mais l'étude des courbes depuis Port-en-Bessin jusqu'à Trouville a montré que ce phénomène se produisait sur tout le littoral du Calvados ; il paraît également se produire à l'île de Wight, il est donc purement marin. — M. Chalazon l'attribue aux interférences de deux ondes parcourant la Manche en sens contraire ; des recherches plus récentes lui donnent pour origine l'épanouissemeut brusque de l'onde marée à sa sortie de la pointe de Barfleur.

Quelle que soit la cause, les effets commencent à se dégager assez nettement des études faites pour en tirer des conclusions au sujet de la Seine.

L'ondulation en quittant Barfleur s'épanouit, une partie du courant s'infléchit à l'E.-S.-E., va frapper le cap d'Antifer et poursuit son chemin vers le Pas-de-Calais, l'autre est réfléchie par le cap, suit la côte dans la direction N.-S. et entre dans l'estuaire en longeant les jetées du Havre (Fig. 13, Pl. 120).

La partie moyenne du courant portant dans la direction S.-E., vient aborder directement l'estuaire où elle pénètre par les passes Nord et Centrale, en s'infléchissant vers l'est. à mesure que la mer monte.

Enfin, la partie méridionale s'infléchit au sud, suit la côte du Calvados où elle subit l'influence retardatrice des côtes, arrive en portant Est devant Trouville et pénètre dans la Seine par la passe Sud.

Une heure environ avant le plein aux abords du Havre, le courant mollit, tourne de l'E. au N.-O. en passant par le N. et constitue le courant de « *Verhaule* », tandis que la mer continue à monter.

Ce courant de retour gagne de proche en proche ; 30′ après le commencement de la Verhaule, il se fait sentir devant la passe Centrale, et une heure après dans la passe Sud.

Dónc quelques instants avant le jusant, le courant de flot, longeant la côte du Calvados, passe devant l'embouchure, normalement à son axe sans s'y arrêter.

Lorsque le jusant s'établit, devant le Havre il porte N.-O. et longe la côte du Calvados au Sud.

Vers la fin du jusant, le courant s'infléchit vers l'O., puis vers le S.-O. pour se transformer sans s'éteindre en courant de flot de la marée suivante portant S.-E.

Au large, dans la baie, le jusant porte uniformément O.-N.-O. d'après la carte des courants de la Manche de M. Monnier, Ingénieur hydrographe, et les observations faites par M. Belleville, ingénieur des Ponts et Chaussées en 1882.

On voit qu'au commencement du flot il y a convergence de trois courants bien distincts : il en résulte nécessairement à leur rencontre des pertes de puissance vive auxquelles on peut attribuer, au moins pour une grande part, la forme spéciale de la courbe de marée du Havre ; mais les observations publiées jusqu'à présent présentent des lacunes qui ne permettent pas de se rendre un compte suffisamment exact de la marche de ces trois courants et de leur influence réciproque. J'ai cherché à dégager cette action en établissant le graphique de la marche de la marée sur le littoral (Fig. 12, Pl. 120), mais les courbes de marée ne sont pas assez multipliées, et il serait nécessaire de pouvoir les étudier pour des points situés à une certaine distance des côtes. Les courbes cotidales publiées jusqu'à présent sont loin d'être assez détaillées pour l'étude que nous avons en vue.

Alluvions. — Il est généralement admis que la Seine n'apporte pas de sable, et que les alluvions de l'estuaire proviennent exclusivement du dehors.

Elles proviennent de trois sources bien distinctes. — Celles du Nord sont dues à l'érosion des falaises depuis Antifer, et cheminent du nord au sud sous l'action des vents et des courants combinés avec l'orientation de la côte. A l'est d'Antifer, ces détritus, par suite de l'orientation différente de la côte, cheminent au contraire vers le Pas-de-Calais, ce cap étant le point de départ des sédiments cheminant dans deux directions opposées.

L'érosion des falaises du Calvados produit les alluvions du sud ; à partir de la pointe de la Percée entre Grandcamp et Port-en-Bessin ; elles cheminent vers l'est et entrent dans la Seine. — Leur composition chimique, très distincte des alluvions du nord, permet de les en distinguer sûrement.

La troisième source enfin est constituée par le grand banc sous-marin, désigné sous le nom de banc de Seine, compris entre Trouville et la passe Centrale, et qui est dû au jeu des courants marins ainsi qu'à la configuration de la baie du Calvados. Ces sables sont soulevés par les tempêtes et sont entraînés par grandes masses dans l'estuaire.

Avant 1882, les observations faites manquaient de précision; à la suite de l'enquête nautique, M. Belleville, ingénieur ordinaire du service maritime, a fait une série d'observations qui ont jeté une vive lumière sur ces phénomènes.

Dans la passe Nord, tant au flot qu'au jusant, on n'observe que des quantités insignifiantes de matières en suspension, environ 0 kgr. 100 par mètre cube en vive eau.

Dans la passe Sud, par le travers du Ratier, les dépôts atteignent près de 1 kgr. par mètre cube en vive eau.

Quand on arrive par le travers du méridien du Hoc et de Honfleur, les matières en suspension atteignent 3 kgr.

Sur le méridien de Grestain on observe le maximum, plus de 4 kgr.

Dans la Seine endiguée la proportion des matières en suspension va en décroissant vers l'amont, on ne trouve plus que 0 kgr. 227 à Duclair en vive eau.

Il est fâcheux que nous n'ayons pas les observations faites en dehors de l'estuaire tant au large de Trouville qu'au large de la passe Centrale; elles nous auraient donné sinon la mesure, au moins une indication sur la quantité d'alluvions arrachée aux côtes du Calvados et entrant dans la Seine, — car les chiffres précédents nous montrent que des cubes énormes remués par les eaux entre Honfleur et Berville, une quantité relativement faible entre ou sort à chaque marée, les matières alluvionnaires sont mises en suspension par les courants, se déposent à l'étale pour recommencer à chaque marée cet éternel mouvement.

Le flot, extrêmement violent au moment du renversement des courants, bouleverse profondément les alluvions sur les bancs et les déplace par grandes masses. Ces alluvions se déposent au moment de l'étale, et sont reprises par le jusant qui, moins violent et moins désordonné que le flot, régularise les chenaux. — Son action ayant plus de durée, plus de régularité, le volume des eaux étant

supérieur, *il y a gain de jusant.* — Les pratiques de la Seine le constatent en disant que « c'est le jusant qui fait le chenal ».

Ces actions provoquent de grandes variations dans les profondeurs des chenaux pendant l'intervalle d'une demi-marée. Nous n'avons pu nous procurer d'observations à ce sujet relativement à l'estuaire de la Seine. La violence exceptionnelle des premiers courants de flot à travers des bancs trop mobiles pour permettre la tenue des ancres, exposerait les embarcations à de très sérieux dangers; aussi ne s'y hasardent-elles pas au moment de la montée du flot en vives eaux. Mais sur la Gironde, on a constaté que des atterrissements dépassant un mètre s'étaient produits dans les mouillages sous l'action du flot, et avaient disparu au jusant suivant.

En Seine, la violence des courants étant au moins aussi grande, et les alluvions aussi mobiles, l'effet produit doit être comparable, et nous pensons que l'on doit trouver là l'explication d'un certain nombre d'échouages dans l'estuaire, lorsque les chenaux présentent des courbes trop fortes et mal défilées.

VI. — MARCHE DE LA MARÉE DANS LA PARTIE FLUVIALE.

Il nous reste, pour compléter cet aperçu trop sommaire du régime de la baie de la Seine, à étudier la marche de la marée dans le fleuve à partir de l'extrémité des digues.

En relevant le profil en long de la surface du fleuve à un moment donné, on obtient un profil instantané, et en superposant un nombre suffisant de ces profils pour une même marée, on parvient à se rendre compte de sa marche soit au flot, soit au jusant. C'est ce que représente la fig. 15, pl. 120, correspondant à la marée de vive eau du 19 septembre 1876 (1).

En réunissant par un trait continu les points de pleine et de basse mer aux différentes localités, hauteurs constatées à des heures très différentes, on obtient des lignes imaginaires, lieux géométriques des hautes et basses mers, qui sont les courbes enveloppes des courbes instantanées.

(1) Les fig. 15 à 18 sont tirées de l'ouvrage de M. de Comoy.

Il faut donc bien se garder de prendre ces lignes géométriques comme une indication des pentes superficielles qui sont données par les courbes instantanées.

La Fig. 16 donne les lieux géométriques des hautes et basses mers de vive eau et de morte eau sur la Seine correspondant aux marées du 19 septembre et du 26 septembre 1876.

Comme comparaison, la Fig. 17 donne les mêmes lieux géométriques concernant la Garonne pour les mêmes marées.

Si l'on examine ces figures, on est frappé tout d'abord par la pente excessive de l'aval vers l'amont peu après l'arrivée du flot, indice évident des actions retardatrices sur la marche de l'onde, dues aux courants traversiers, au peu de profondeur des chenaux, au trop faible évasement des digues en aval de Tancarville. C'est là qu'il faut chercher la cause du mascaret et de ses effets désastreux. Les pentes dans la Gironde sont incomparablement plus douces; aussi le mascaret s'y produit rarement, et reste à peu près inoffensif.

L'onde se trouvant retardée perd sa puissance vive, il en résulte un gonflement entre Tancarville et Quillebœuf, et la mer commence à baisser en ce point bien avant que le courant de flot ait cessé de se diriger vers l'amont.

Entre $9^h48'$ et $10^h27'$ il y a montée à Quillebœuf et Caudebec, descente à Honfleur et à la Rille.

A 3 heures la mer était haute à Rouen, presque basse à Honfleur.

De Honfleur $3^m,92$, la courbe monte jusqu'à Quillebœuf (+ 4,33) où elle atteint son maximum, puis baisse jusqu'à Duclair (+ 3,50) et remonte ensuite jusqu'à Rouen (3,79).

Dans la Gironde-Garonne mieux tracée que la Seine, cette ligne va en montant constamment depuis l'embouchure au Verdon, jusqu'à Castets où la marée cesse de se faire sentir. C'est également ce qui se passe dans les rivières à *bonnes embouchures*.

En faisant disparaître les obstacles à la propagation de la marée, il est probable qu'à Rouen le flot monterait au moins jusqu'à la cote 4,33 atteinte à Tancarville, avec une augmentation de mouillage de 0,83 à Duclair et de 0,54 à Rouen. (Courbe du 19 septembre 1876 en V.E. coef. 107.)

Ces inflexions de la courbe se reproduisent mais avec beaucoup moins d'intensité dans les marées de mortes eaux.

L'examen des courbes de basse mer donne également lieu à

plusieurs remarques importantes. Contrairement à ce qui se passe à l'embouchure, les marées de vive eau descendent à Rouen beaucoup moins que les marées de morte eau, ce qui démontre que les obstacles qui s'opposent à l'entrée du flot s'opposent également à l'écoulement des eaux du jusant, et que les mêmes travaux auront pour effet de faciliter les mouvements de marée aussi bien à la montée qu'à la descente de la marée. Les deux courbes se coupent actuellement vers Aizier. L'effet des travaux sera de reporter le point d'intersection d'autant plus en amont qu'ils auront été mieux conçus.

De Rouen à Honfleur la pente des courbes de basse mer est fortement brisée au droit du banc des Meules (Pl. 114, fig. 16 et pl. 120), en amont elle varie de 10 à 14 millimètres par kilomètre, c'est-à-dire qu'elle est presque horizontale, tandis qu'en aval elle est comprise entre 36 et 84 $^{m}/^{m}$. Cela tient à ce que le banc formé de tourbes agglutinées avec de l'argile n'a pu être entraîné par les courants, il forme barrage et retient les eaux en amont. Les Ingénieurs de la Seine ont commencé depuis quelques années des dragages pour l'abaissement successif de ce haut fond gênant pour la navigation.

Sur la Garonne mieux tracée que la Seine, le niveau moyen des basses mers à Bordeaux est à peu près le même qu'au Verdon, et même on remarque que dans les marées de morte eau, à l'étiage, le niveau de la basse mer est plus bas à Bordeaux qu'à l'embouchure.

L'oscillation de la marée très faible à Rouen (19 septembre V. E. coef. 107. $2^{m},12$ — 26 septembre 1876 M.E. coef. 25, $0^{m},95$) est beaucoup plus forte dans les rivières bien tracées, comme le montre le tableau suivant (M. Vauthier).

NOM du PORT	NOM du FLEUVE	DISTANCES du Port A LA MER	OSCILLATION D'UNE MARÉE DE VIVES EAUX ORDINAIRES		DISTANCES A L'AMONT SOUMISES A L'ACTION DES MARÉES
			à l'embouchure	devant le Port	
Londres. . . .	Tamise.	78	5.00	6.30	32
Liverpool. . .	Mersey	20	9.30	9.30	30
Dublin	Liffey.	10	3.90	3.90	(?)
Glasgow . . .	Clyde.	40	3.00	2.70	nulle
Newcastle. . .	Tyne	17	4.40	4 50	13
Anvers	Escaut.	98	4.50	4.25	104
Bordeaux . . .	Gironde. . . .	95	4.85	4.50	54
Nantes	Loire.	58	4.75	2.20	13
Rouen.	Seine.	125	7.20	2.00	26

Courbes locales de marée.— Ces courbes (Fig. 18, marée du 19 septembre 1876) présentent deux sommets séparés par une dépression très accentuée. Ces deux ondulations sont séparées par un intervalle à peu près constant, en moyenne de $2^h,15'$. Le premier sommet est le plus élevé jusqu'à Duclair, minimum de hauteur du lieu géométrique des hautes mers, mais à partir de ce point, il s'abaisse au-dessous du second. Nous retrouvons là le phénomène que nous avons déjà signalé pour les courbes de marée dans la baie du Calvados à partir de Port-en-Bessin ; c'est la conséquence de la double ondulation provenant soit des interférences des ondes parcourant la Manche en sens contraire, soit du retard de l'onde suivant le littoral du Calvados sur celle qui arrive directement de Honfleur.

Avant les travaux, ce phénomène ne se produisait pas ; la première ondulation arrêtée par les hauts fonds d'aval dans l'estuaire était rejointe par la seconde avant de pénétrer en amont de Berville, et par suite il ne se produisait qu'une seule ondulation qui se propageait jusqu'à Rouen.

L'abaissement des hauts fonds en accélérant la marche de la première onde a amené le dédoublement de la marée.

En mortes eaux on observe ce dédoublement, mais cet effet ne se

fait guère sentir que par un aplatissement très caractérisé de la courbe de la marée.

VII. — EFFET DE LA FIXATION DES CHENAUX.

Les causes qui déterminent la position des chenaux dans les baies à fond mobile sont en premier lieu, comme causes permanentes, les courants de flot et de jusant, les vents régnants ; ensuite comme causes accidentelles, les tempêtes et les crues des cours d'eau débouchant dans la baie.

Sous l'action des tempêtes, les lames soulèvent des masses énormes de matières sur les bancs du large, les introduisent avec le flot dans l'estuaire et peuvent obstruer les passes que l'action du jusant ne parvient pas à déblayer. Les courants se portent alors sur les parties des bancs qui leur offrent une moindre résistance et se creusent un nouveau passage.

Sous l'action de vents persistants, les eaux rejetées sur le banc opposé l'affouillent, le rendent accore ; — des éboulements se produisent, que l'agitation de l'eau maintient en suspension. Les courants de flot et de jusant reprennent ces alluvions qui vont plus loin former d'autres bancs. Sur la rive du vent au contraire, les courants désagrègent le banc et entraînent les sables dans le chenal où l'absence d'agitation les fait se déposer. Lorsque le banc découvre, les vents l'assèchent rapidement et rejettent de grandes quantités de sables dans le chenal. Dans l'estuaire de la Seine, quelques jours de vents persistants suffisent pour faire reculer le chenal vers le N. ou le S. de plusieurs centaines de mètres.

Les courants, en se portant sur la partie concave des rives, déterminent des affouillements qui, faibles lorsque la concavité est d'un grand rayon, s'accentuent de plus en plus parce que, par l'effet même de ces affouillements, la courbure de la rive attaquée se prononce davantage. La longueur du chenal augmentant, il arrive que le flot pénètre plus rapidement en passant par-dessus les bancs dans le sommet de la courbe ainsi formée qu'en passant dans le chenal ; un courant violent se produit, par suite de la chute qui a lieu de l'aval vers l'amont, un nouveau lit se creuse plus direct que l'ancien et le chenal abandonne son ancienne position.

Il convient de remarquer que les inégalités du profil en long sont d'autant plus saillantes que les inflexions et les sinuosités s'accentuent davantage. Sur la Seine en 1880, époque où le chenal presque rectiligne occupait le milieu de l'estuaire, le profil en long était arrasé presque uniformément. Les profondeurs sont d'autant meilleures que le chenal est plus régulier.

Les crues, lorsque leur volume est important, ont pour effet de rectifier les chenaux en leur donnant de la profondeur.

Ces variations ont été étudiées de très près par les ingénieurs de la navigation, elles sont fréquemment relevées, et la comparaison de ces plans est instructive pour cette étude. La Pl. 120, Fig. 14 donne les principales variations entre 1882 et 1886.

La fixité des chenaux a une importance telle au double point de vue de la profondeur et de la sécurité de la navigation que cet objectif doit être le premier, le principal dont on doive tenir compte dans les études d'amélioration des fleuves aussi bien dans leur estuaire que dans leur partie fluviale.

On conçoit, en effet, que le chenal une fois fixé, l'action des courants se faisant toujours sentir au même point, arrive dans un temps relativement court à le creuser à la profondeur correspondant au volume et à la vitesse des eaux en mouvement. L'action restant permanente, l'équilibre se maintient et ne peut être troublé que par des causes accidentelles, grandes crues ou violentes tempêtes, qui ne sont que d'une courte durée ; les causes disparaissant, le régime revient promptement à son état normal. Il convient de remarquer que les causes perturbatrices seront en petit nombre et auront d'autant moins d'action que les travaux exécutés auront mieux abrité le chenal.

Les résultats obtenus dans la Seine entre Caudebec et Berville en sont le plus remarquable exemple. Sur une plus petite échelle on peut citer l'amélioration de la Vire, due à M. Bouniceau, par la fixation du chenal au moyen de jetées divergentes; non seulement cette fixation a donné les profondeurs voulues entre les digues, mais cet effet s'est prolongé assez loin pour assurer la navigabilité à travers toute la baie des Veys. Cet exemple méritait d'être rappelé parce qu'il a servi d'expérience pour les travaux de la Seine. Le même résultat a été obtenu sur la Taute ; à un moindre degré mais encore

d'une façon très appréciable à l'embouchure du Couesnon, dans la baie du Mont-Saint-Michel.

Lorsque le volume d'eau n'est pas suffisant pour obtenir la profondeur nécessaire à la grande navigation, ou si les fonds sont trop résistants, il faut recourir à la drague en même temps que l'on fixe les chenaux. Les exemples célèbres de la Clyde et de la Tyne montrent le parti que les Anglais ont su tirer de la combinaison de ces deux moyens.

En Espagne, M. de Churruca a obtenu également dans la rivière de Bilbao, par la drague et la fixation du chenal, un succès tellement caractéristique avec une dépense extrêmement modérée, que nous croyons devoir donner la description sommaire des travaux à la fin de ce mémoire (Fig. 21, 22 et 23, Pl. 120).

On voit donc, et on nous permettra d'insister sur ce point, que la fixation du chenal a souvent suffi pour amener seule les améliorations cherchées, et que cette fixité une fois obtenue, les autres travaux se font à coup sûr et deviennent relativement faciles.

Il ne suffit pas d'ailleurs pour la navigation que la profondeur soit suffisante, il faut de plus qu'elle soit sûre et facile. Lorsqu'elle se fait au travers de bancs mobiles sous la moindre action, malgré le soin apporté à un balisage forcément précaire, il peut y avoir d'une marée à l'autre, souvent même dans le cours d'une même marée comme en témoignent les observations faites sur la Garonne, des changements importants dans le brassiage et la direction. Il ne faut pas chercher d'autre raison à plusieurs des naufrages qui se sont produits dans l'estuaire de la Seine.

Les balises étant fréquemment déplacées, on ne peut songer à l'installation ni de l'éclairage pour les marées de nuit, ni de signaux sonores pour les temps de brume. Il y a donc au moins une marée sur deux de perdue pour la navigation.

Pour les navires qui n'ont que quelques décimètres d'eau sous la quille, la traversée des chenaux sinueux à travers des bancs mobiles constitue toujours un danger sérieux; ils ne peuvent donc s'y hasarder que par des circonstances atmosphériques favorables : de là, des retards, des primes très fortes pour le pilotage et les assurances, et, comme conséquence, un obstacle des plus sérieux au développement du commerce et de la navigation.

Si la fixation du chenal au moyen de digues suffit le plus souvent

à assurer l'entrée de la rivière à marée haute, ce résultat est rarement assez énergique pour constituer à l'embouchure un mouillage assez profond pour assurer un abri aux grands navires à marée basse. Il faut mettre en jeu des forces encore plus puissantes en faisant intervenir les effets de l'oscillation d'une masse d'eau incomparablement supérieure à celle que peut fournir le fleuve lui-même, et créer immédiatement en arrière du débouché en eau profonde un vaste réservoir ne communiquant avec la pleine mer que par un goulet étroit où l'on concentre l'action des courants. On reproduit ainsi artificiellement les dispositions des seules rades abritées et profondes que nous offre l'étude des côtes maritimes.

D'autres précautions doivent encore être prises, le goulet doit être placé à une distance des grands fonds moindre que celle où son action cesse de se faire sentir.

Il faut de plus le faire déboucher sur une côte dont la forme soit compatible avec le maintien de la profondeur et dont l'orientation par rapport aux vents constitue un obstacle à l'entrée des alluvions dans la baie.

On sait en effet combien les courants sont influencés par la forme et l'orientation des côtes.

Si les courants de marée, comme dans la Tamise et dans le canal de Bristol, sont dirigés dans le sens même de l'axe des baies fermées à leur extrémité, ils peuvent contribuer au maintien de leur profondeur par la surélévation de l'onde qu'ils produisent au fond de la baie, surélévation qui augmente la violence des courants de flot et de jusant.

Au contraire, si on a affaire à des courants littoraux, ces courants vont de cap en cap et la baie enserrée se trouve dans un calme relatif qui favorise les dépôts; aussi cette loi est-elle passée presque à l'état d'axiome : « *Les caps se rongent, les baies se comblent.* » Sous l'action des causes que nous avons indiquées, les fleuves débouchant dans des baies trop accentuées se trouvent dans des conditions analogues à celles des estuaires évasés ; l'écoulement des eaux intérieures, maintenant l'ameublement des alluvions, empêche leur fixation et ne peut se faire qu'au moyen de chenaux mobiles, par suite peu profonds.

La Mersey nous en offre un exemple remarquable. L'action du goulet de Liverpool a produit des profondeurs de 15 mètres qui se

maintiennent jusqu'à 14 kil. en aval, mais à cause de la forme défectueuse de la baie où elle débouche, elle se jette à la mer par plusieurs chenaux mobiles sur lesquels on ne trouve que $2^{m}50$ à marée basse.

VIII. — TRAVAUX PROJETÉS POUR L'AMÉLIORATION DE L'ESTUAIRE.

Si de ces études on passe à leur application pour l'amélioration de l'embouchure de la Seine, on arrive vite à se convaincre que le môle projeté par M. Partiot répond aussi bien aux exigences du régime spécial de la baie qu'à celles des grandes lois d'hydraulique maritime que nous avons étudiées.

1°. — *Effets du Môle.* — Supposons le môle construit et tâchons de prévoir les phénomènes qui vont se passer.

Le flot N. venant d'Antifer et la branche portant E.-S.-E. pénétrant dans la passe au nord d'Amfard étant les premiers courants qui se présentent, ne seront pas déviés, et entreront dans l'estuaire comme par le passé, mais trouvant de plus grandes profondeurs, l'onde se propagera beaucoup plus rapidement (Fig. 1, Pl. 115).

Les courants du Calvados ne pouvant plus pénétrer directement dans la Seine, s'infléchiront vers le Nord, et une plage concave ne tardera pas à s'établir depuis les Roches-Noires ur la au Musoir qu'elle contournera pour pénétrer dans l'estuaire.t la di

Les courants S.-E., qui auparavant pénétraient dans la passe centrale, viendront gêner cet effet et le retarderont un peu, une légère intumescence en sera probablement la conséquence à Trouville. — Sous cette influence, les bancs de Seine qui ne dépassaient pas le parallèle du Ratier s'avanceront probablement jusqu'à la hauteur du Musoir, effet que nous avons signalé à la sortie de tous les goulets.

Le remplissage de la Seine par la passe unique sera-t-il terminé assez promptement pour que le courant de verhaule puisse se produire? Nous ne pouvons l'affirmer, en l'absence de données suffisantes bien que nous le pensions. En effet la propagation de la marée se faisant plus rapidement en eau profonde, l'antagonisme des courants étant supprimé, il est probable que la durée du remplissage ne changera pas beaucoup, tandis que la cause produisant le courant de verhaule subsistera, c'est-à-dire l'affaissement de l'onde principale

de marée à peu de distance au N.-O. du Havre avant que l'onde du Calvados ait atteint toute son amplitude.

Lorsque le jusant s'établira, les courants continueront à être appelés dans cette direction, ils porteront donc comme maintenant au N.-O., mais la dénivellation se faisant sentir peu après sur la côte du Calvados, produira un nouvel appel, une branche du courant se dirigera vers le S. où elle formera une passe entre le banc de Seine modifié et la nouvelle plage.

Puis les deux branches tendront à converger en devenant parallèles à la direction générale O.-N.-O du jusant dans la baie du Calvados, et à la fin de la mer baissante la branche septentrionale reprendra par l'Ouest et le Sud la direction S.-S.-E. du courant de flot de la marée montante.

Nous devons nous arrêter quelques instants sur les effets de la plage nouvelle qui se formera en avant de la digue.

Suivant la loi générale qui détermine la forme des rivages mobiles, elle présentera une forme concave tangente à la fois à la côte de Trouville et au musoir de la digue, les deux points résistants sur lesquels elle s'appuiera. Cette courbe prolongée irait passer très près du cap la Hève, elle se présentera par suite dans les meilleures conditions pour l'établissement d'un excellent régime des courants. Mais un autre effet d'une bien plus grande importance va se produire : c'est sous l'action des grandes lames du N.-O. arrivant sans obstacle des côtes d'Angleterre que se produisent les plus grands mouvements des alluvions. Les sables arrachés des bancs du large pénètrent en quantités énormes dans la baie, mais principalement par les deux passes au sud d'Amfard, point de convergence de tous leurs effets. — La distribution des sables dans l'estuaire montre bien en effet que c'est le chemin qu'ils suivent, on ne trouve pour ainsi dire pas sur les plages de l'Eure d'alluvions provenant du Calvados, tandis qu'au Sud elles ont exclusivement cette origine; ce n'est qu'au fond de la baie que ces alluvions incessamment transportées par les courants de flot et de jusant finissent par se mélanger.

Les deux passes se trouvant bouchées, la plus grande partie de ces sables ne pourra plus pénétrer dans la baie, au large de la passe nord les lames circulant dans les grands fonds ne se chargent que d'une quantité beaucoup moindre de sédiments.

Par suite de l'orientation de la plage, les sables arrachés des bancs viendront s'accumuler dans l'anse de Villerville dont ils raidiront les talus.

Ces talus formés par la tempête ne correspondant plus à l'équilibre moyen des plages sablonneuses dont la pente est beaucoup plus douce, les marées suivantes reprendront ces sédiments, les broieront, et en entraîneront une partie à l'état ténu dans les grands fonds, — par le jeu naturel des courants, une partie retournera nourrir les bancs du large appauvris par la tempête. Une partie enfin, infiniment moindre qu'avec le régime actuel, suivant les courants de flot, entrera dans l'estuaire d'où elle sera expulsée par le jusant.

Nous aurons donc ainsi constitué un atelier de broyage, dont la surface sera certainement inférieure à celle de la Seine, mais qui normal au choc des lames aura une puissance bien autrement supérieure.

L'effet de la digue sera donc sous ce rapport favorable au maintien des profondeurs de l'estuaire, puisqu'elle s'opposera à l'introduction des causes d'atterrissement les plus énergiques que l'on connaisse.

En dehors de ces circonstances exceptionnelles, quelle sera la marche des courants ? La construction de la digue n'aura pas d'effet sur les falaises de la haute Normandie, leurs détritus continueront donc à venir du Nord comme par le passé ; elles cheminent sur la côte de Sainte-Adresse d'où les besoins du lestage les feront disparaître.

Quant à celles du Calvados, un effet nouveau va se produire.

Actuellement nous avons vu que sous la double action des lames et des courants, elles entraient directement dans la passe sud, mais avec la digue elles vont être obligées de remonter vers le Nord, où elles trouveront un obstacle au cheminement déterminé par l'orientation même de la nouvelle plage. Au lieu de s'ajouter, l'action des lames et des courants sera de sens contraire, il en résultera un retard dans leur marche, elles subiront pendant un temps plus long un broyage énergique, et leur production n'augmentant pas sur les côtes, leur débit à l'extrémité du môle sera nécessairement moindre qu'il n'est actuellement devant Villerville.

L'action de la digue sur les alluvions peut se résumer ainsi :

Elle s'opposera à l'entrée de la plus grande partie des sables arrachés des bancs du large par les grandes tempêtes.

Elle diminuera le cube du débit solide des alluvions du Calvados.

Elle n'aura aucune action sur les alluvions du Nord.

Suivons maintenant les alluvions du Calvados qui, après avoir cheminé sur la plage nouvelle, atteindront l'extrémité du musoir. Elles seront à un état plus ténu qu'elles ne le sont avec le régime actuel.

Au moment du flot, elles pénétreront en partie dans l'estuaire, c'est un fait évidemment prévu, mais y aura-t-il pour cela comblement de l'estuaire ? Tous les faits viennent démentir cette hypothèse. Un nouvel état d'équilibre se produira, les angles morts se colmateront en partie et formeront des plages découvrant à marée basse, laissant dans le centre une vaste surface d'eau de profondeur variable découpée par des chenaux profonds dont le principal se dirigera vers l'extrémité des digues à Honfleur pour aller remplir la Seine.

On a objecté que la digue empêchant l'agitation, les sédiments une fois déposés ne se remettraient plus en suspension et resteraient cantonnés dans l'estuaire où ils finiraient par s'accumuler; il est certain, et c'est à désirer, que l'agitation ne sera pas la même à l'intérieur qu'au large de l'estuaire, mais les lames des gros temps de N.-O. ne seront pas entièrement éteintes en passant par un goulet de 2 kilomètres de large, orienté presque dans leur direction. — D'ailleurs la digue ne dépassant que de 2 mètres le niveau des plus hautes mers ne couvrira pas assez l'estuaire long de 30 kilomètres, large de 10 pour que les grands vents n'y provoquent une agitation suffisante pour mettre en suspension les matières ténues qui seules peuvent se déposer sur les bancs. Après avoir franchi le goulet, les lames s'éteindront à peu de distance, et ne pourront plus tenir les sables en suspension. Ceux ci se déposeront donc au fond des chenaux où ils resteront soumis à l'action des courants de marée.

L'équilibre établi, les sables ou les vases entrés avec le flot sortiront avec le jusant comme dans les baies dont nous avons les exemples sous les yeux, et les eaux de la Seine venant s'ajouter aux eaux marines, les apports accidentels des grandes tem-

pêtes seront fatalement expulsés pour revenir à l'état normal d'équilibre.

Nous partageons, du reste, entièrement l'avis de M. Vauthier sur la nécessité d'augmenter le volume et le chemin parcouru par la masse d'eau oscillante qu'il a si bien désignée sous le nom de bélier hydraulique, et nous sommes convaincus que le projet présenté produira cet effet dans d'aussi bonnes conditions au moins que l'ouverture en pavillon ; nous reviendrons du reste sur ce point.

L'estuaire ne se comblera donc pas. D'ailleurs, par quelle raison spéciale, étrangère à la Seine, toutes les baies citées se maintiennent-elles ? Pourquoi le Foyle aux abords encombrés par le sable, dont les dimensions, la forme, l'orientation par rapport aux vents régnants, offrent une analogie, j'allais dire une identité si frappante avec la Seine, reste-t-il indemne, tandis que celui-ci qui reçoit un fleuve d'un débit cent fois plus important serait fatalement comblé? Pourquoi le bassin d'Arcachon, noyé au milieu des sables, subsiste-t-il depuis tant de siècles ?

On a encore objecté, en citant l'exemple du Mississipi, que les sédiments une fois déposés, il faudrait pour les mettre en mouvement une vitesse décuple de celle qui est nécessaire pour leur transport. — Cette règle peut être vraie pour les vases agglutinantes que l'on trouve dans la Charente par exemple, et sur d'autres points de nos côtes où certaines vases siliceuses une fois agglutinées ne peuvent plus être mises en mouvement, même par des chasses énergiques, mais tout autres sont les sédiments très calcaires de la Seine mêlés de sable fin. Il suffit d'avoir parcouru une fois l'estuaire à marée basse pour être frappé de l'extrême mobilité des bancs qui se déplacent sous l'action seule du vent, dès qu'ils sont découverts. Lorsqu'une brèche se produit dans une digue, les alluvions qui se sont accumulées en arrière depuis plusieurs années, même après qu'elles se sont herbées, fondent littéralement dès qu'elles sont privées de leur protection.

M. Partiot, dont la compétence dans les travaux de la Seine ne peut être mise en doute, a souvent constaté au cours de ses travaux qu'un filet d'eau coulant à leur surface suffit pour les mettre en suspension, et compte provoquer artificiellement cet effet au moyen du canal de Tancarville.

Les ingénieurs de Bilbao ont été forcés de détourner au moyen de travaux coûteux un ruisseau de peu d'importance, dont les eaux à marée basse rendaient les sables de la plage trop sensibles à l'action des courants marins, et contribuaient ainsi à l'ensablement de l'estuaire du Nervion.

2°. — *Travaux à l'intérieur de l'Estuaire.*— En fixant le chenal entre la pointe de Berville et le musoir du Môle, on obtiendra rapidement par la seule action des courants l'approfondissement nécessaire à une bonne navigation de la Seine Les résultats obtenus entre Caudebec et l'embouchure de la Rille nous dispensent d'entrer dans une longue démonstration. Il suffirait, comme le propose M. Partiot, de prolonger les digues actuelles avec leur évasement de 10 mètres par kilomètre, jusqu'à Honfleur, pour assurer entre ce point et le musoir du Môle un chenal de 10 mètres de profondeur à marée basse, sous la double action du creusement provoqué en amont par le goulet, et de la chasse des eaux du fleuve pendant le jusant, au sortir des digues.

Mais des critiques qui paraissent fondées ont été faites à ce projet. On a reconnu que l'évasement de 10 mètres par kilomètre entre les digues était trop faible et constituait un obstacle à la propagation de la marée ; de plus le débouché étroit prévu devant Honfleur pénètre trop avant dans la baie, se raccorde mal avec sa forme générale ; il pourrait en résulter des retards dans la montée du flot, une aggravation des effets du mascaret, un obstacle à l'écoulement du jusant, et la courbe du lieu des basses mers de vive eau déjà trop haute au delà de Villequier, loin de s'abaisser, comme on le désire, pourrait au contraire se relever.

Nous avons pensé qu'il serait possible d'obtenir la fixation du chenal, par le prolongement, suivant une courbe concave jusqu'à Honfleur, de la digue Sud arrêtée actuellement à Berville. En l'élevant au-dessus des pleines mers de vive eau, elle constituera avec la côte de Grâce un abri contre les effets des vents du sud au sud-ouest, les plus fréquents dans ces parages, et assurera ainsi au chenal une protection contre une des causes qui contribuent davantage à le pousser vers le nord.

En fermant les deux passes au sud d'Amfard, on le soustrait à l'action des remous provoqués par les courants pénétrant, suivant des directions différentes, par les trois passes actuelles ; aussi le cou-

rant de jusant, ne rencontrant plus aucun obstacle au delà de Berville, suivra la direction de la digue et s'y maintiendra : 1° parce qu'il y sera porté par l'action de la force centrifuge ; 2° parce qu'il trouvera moins de résistance contre une digue presque accore que sur la plage faiblement inclinée de la rive nord ; 3° parce que les vents du nord-ouest à l'est tendront à l'y fixer.

Au delà de Honfleur et jusqu'au musoir du Môle, la puissance vive du courant et l'appel provoqué par le goulet suffiront probablement pour assurer sa fixité, suivant une courbure satisfaisante ; en tout cas, si cela devenait nécessaire, il serait facile de le guider en prolongeant, suivant une courbure convenable, la digue au delà de Honfleur, au moins jusqu'au niveau des basses mers de morte eau.

Au sortir du goulet, il sera sollicité énergiquement dans la direction N.-O. du dernier élément de sa trajectoire par les courants de jusant du large portant dans la même direction ; aussi emportera-t-il dans les grands fonds les alluvions dont il se sera chargé dans l'estuaire.

Les premiers courants du flot arrivant N. et N.-E., comme nous l'avons vu, suivront le même chenal, mais il est probable qu'au moment où le courant du Calvados commencera à se faire sentir, un chenal secondaire de flot se creusera dans le nord de l'estuaire.

La courbe que l'on a projetée pour cette digue est un arc de sinusoïde extrêmement allongé ; nous nous sommes assuré que le rayon moyen, c'est-à-dire le rayon de l'arc de cercle passant par le sommet et les deux extrémités de la courbe n'était pas exagéré. Sa valeur est de 17 kil. correspondant aux bonnes positions du chenal dans la baie de la Seine ; comme vérification, il est plus faible que le rayon moyen du chenal de la Foyle dont la courbe largement dessinée et remarquablement saine fait l'admiration des marins.

Nous avons pensé qu'avant de toucher à la rive nord, il conviendrait d'attendre l'effet produit par les précédents travaux. La direction des chenaux, qui en sera la conséquence, donnera des indications précises sur ce qu'il conviendra de faire.

D'après ce qui précède, nous croyons que la digue Sud suffisant à maintenir le chenal, on n'aura pas besoin de prolonger la digue nord beaucoup au delà de Berville, mais il conviendra de lui donner depuis Tancarville un évasement beaucoup plus considérable que

les 10 mètres par kilomètre suivant lesquels on a exécuté les travaux antérieurs, et de terminer la digue par une partie ouverte faisant l'effet d'un ajutage divergent pour servir de guide à l'entrée du flot et pour empêcher les courants traversiers de se produire comme ils le font actuellement au droit de la Rille.

3°. — *Travaux à exécuter dans l'intérieur du fleuve.* — Ces travaux devront être complétés par les dragages des bancs durs que les courants ne peuvent entamer et par l'endiguement de quelques anses dont la présence provoque des hauts fonds gênants. Une partie de ces travaux est en cours d'exécution.

Pour les améliorations à exécuter dans le fleuve lui-même, nous sommes heureux de nous trouver en parfaite communauté d'idées avec M. Vauthier dont nous avons cru devoir combattre le projet d'amélioration de l'estuaire; ses remarquables mémoires nous dispensent d'entrer dans les détails de ce qui doit être exécuté, et du résultat qu'on a le droit d'en attendre. Nous nous bornerons à résumer ses conclusions.

Le nouveau tracé des digues et l'abaissement des seuils facilitant l'entrée du flot, lui permettra d'accélérer sa marche. La pente de l'aval vers l'amont, se répartissant sur une plus grande distance, sera diminuée : le mascaret, s'il ne disparaît pas complètement, deviendra en tout cas inoffensif.

L'opinion des Ingénieurs qui se sont occupés du mascaret paraît unanime ; M. Emmery dit en effet :

« Donc plus la route entre Tancarville et la mer sera courte et » libre d'obstacles, plus les premières couches de la marée auront » de facilité à s'étendre, plus le phénomène de la *rencontre du flot et* » *du jusant* sera lentement étagé, plus la grande vague accumulée » qui forme la *barre* (le mascaret) tendra à se morceler et, partant, » à s'affaiblir. »

M. Partiot termine ainsi son mémoire de 1861 sur le mascaret :

« Concluons que pour faire disparaître le mascaret à l'embouchu- » re des fleuves, il faut rendre l'entrée du flot aussi facile que » possible et allonger ainsi la partie amont de l'ondulation que » forme la marée. Il faut chercher à faire suivre la même ligne » aux courants de flot et de jusant, et à enlever tous les obstacles » qui peuvent ralentir la propagation du flot. Ces obstacles sont en » général les bancs et les hauts fonds; de telle sorte que les tra-

» vaux nécessaires pour améliorer l'embouchure des fleuves et leur » assurer une grande profondeur jusqu'à la mer, auront aussi pour » effet d'empêcher le mascaret de continuer à se manifester sur ses » rives, et de faire cesser les dangers qu'il présente pour la naviga- » tion et pour les propriétés riveraines. »

M. C. Lyell donne les mêmes explications et les mêmes conclusions dans ses études du mascaret dans l'estuaire de la Severn.

Les résistances à la propagation de l'onde marée étant très atténuées, elle pénétrera beaucoup plus rapidement dans le fleuve; son sommet, au lieu de s'abaisser à partir de Quillebœuf, suivra une courbe ascensionnelle ininterrompue probablement jusqu'à Rouen, augmentant d'autant les mouillages de la Seine et le cube d'eau au-dessus de la ligne des basses mers.

La suppression des barrages formés par le banc des Meules et les autres seuils, fera participer au mouvement des marées toute l'eau qui se trouvait auparavant arrêtée en amont. Le volume de la *masse oscillante* sera augmenté de près de 30 millions de mètres cubes, et son centre de gravité sera remonté vers l'amont de plusieurs kilomètres.

Le chemin parcouru par le centre de gravité augmentant, la vitesse augmentera dans la même proportion.

Le volume et la vitesse augmentant à la fois, la puissance vive augmentera en raison de la masse nouvelle et du carré de la vitesse modifiée, donnant un accroissement notable à sa puissance d'érosion aussi bien dans le fleuve lui-même qu'en aval des digues.

Le tableau ci-dessous donne le résumé des calculs faits par M. Vauthier pour la mesure de cet effet :

	DÉBIT en millions de mètres cubes	
	par an	moyen par marée
Volume des eaux douces de la Seine (débit moyen à Saint-Aubin 483^{m3})	15.232	21.5
Volume du flot entrant en Seine par une pleine mer de vive eau à coefficient de 102	»	84
Volume du flot entrant en Seine par une pleine mer de morte eau à coefficient de 29	»	20
Volume du flot pénétrant en Seine par une marée moyenne (pour 1870, le coefficient moyen a été 70,035)	39.592	56
Volume supplémentaire de flot pénétrant en Seine à la suite des travaux projetés dans le fleuve	21.210	30
Volume moyen des eaux sortant au jusant à chaque marée. (Nombre de marées par an : 707)	76.034	107.5

M. Vauthier en comparant les volumes et l'efficacité de la masse liquide avant l'exécution des travaux de la Seine, à ce jour et au moment où les seuils seront abaissés arrive aux conclusions suivantes, en prenant des chiffres maniables proportionnels aux volumes réels.

	VOLUMES		CHEMIN parcouru	MESURE de
	REFOULÉS	ÉVACUÉS	PAR LE C. DE G.	L'EFFICACITÉ
Avant 1847	4	7	35	140
De 1867 à ce jour.	8	11	65	520
Après l'abaissement des seuils.	12	15	92	1.104

En parlant de la marche des marées dans la Seine, nous avons vu que le lieu géométrique des basses mers de vive eau coupait la courbe correspondante des basses mers de morte eau entre Quillebœuf et Villequier, près d'Aizier, ce qui indique que pendant le revif de la marée il entre plus d'eau qu'il n'en sort, et que l'effet inverse se produit pendant la décroissance.

L'effet des travaux facilitera l'écoulement des eaux du jusant aussi bien que l'entrée du flot, aussi l'intersection de ces deux lignes sera reportée assez loin en amont. Le niveau des basses mers de vive eau s'abaissera donc très sensiblement à Rouen, et cet effet se produira également pour les basses mers de morte eau, mais à un degré beaucoup plus faible.

On sera donc obligé d'augmenter légèrement le mouillage au pied des quais de Rouen, de la quantité dont s'abaissera le niveau des basses mers de morte eau. Ce phénomène hâtera probablement la creation des bassins à flot.

C'est, on ne peut le nier un inconvénient, mais il est relativement bien faible si on le compare au but à atteindre ; il faut le considérer comme le prix auquel on doit acheter les améliorations du fleuve qui permettront d'amener à Rouen les navires à grand tirant d'eau par toutes marées, de jour et de nuit.

IX. — PROJETS DE LA COMMISSION D'ÉTUDES.

La Commission d'études nommée par le Ministre a présenté, pour l'amélioration du port du Havre et des passes de la Basse-Seine, des projets que nous reproduisons Fig. 19 et 20. Ils diffèrent entièrement de ceux que nous avons étudiés, nous croyons devoir indiquer les motifs qui nous ont empêché de nous y rallier.

PORT DU HAVRE. — Les nouveaux établissements seraient constitués par un très vaste avant-port établi dans la Petite Rade, et un nouveau bassin à flot construit sur l'emplacement du 10e bassin projeté par M. Bellot, c'est-à-dire au sud du 9e bassin qui vient d'être terminé.

1°. — *Avant-port.* — L'entrée actuelle serait conservée, au moins dans son orientation, mais reportée à 750 mètres en avant, au droit des nouvelles jetées, avec une largeur de 150 mètres. Une nouvelle entrée de 250 mètres serait ménagée à l'extrémité nord du nouvel avant-port orientée exactement à l'ouest.

Trois passes principales donneraient accès aux entrées nouvelles, le tableau ci-dessous indique leurs conditions nautiques :

TIRANT D'EAU	ENTRÉE NORD				ENTRÉE SUD		OBSERVATIONS
	Passe Ouest (-5m50)		Passe S.-O. (-3.00)		Passe S.-O. (-2.00)		
	M. E.	V. E.	M. E.	V. E.	M. E.	V. E.	
9.00	6h30m	6h15m	jamais	3h30m	jamais	jamais	
8.50	7 30	6 45	»	4 15	»	1h45m	
8.00	8 45	7 00	»	4 45	»	3 00	Les cotes entre parenthèse indiquent les fonds que l'on obtiendrait par dragages au droit des passes, au-dessous du zéro des cartes.
7.50	10 45	7 30	3h45m	5 15	»	4 15	
7.00	toujours	8 00	5 30	5 45	»	4 45	
6.50	»	8 45	6 30	6 15	2h30m	5 15	
6.00	»	9 30	7 30	6 45	5 00	5 45	
5.50	»	11 00	9 00	7 15	6 00	6 15	
5.00	»	toujours	11 00	7 30	17 5	6 45	

L'avant-port serait creusé à la cote 5,50 suivant le chenal suivi par les navires. Trois écluses permettraient aux navires d'entrer dans les bassins dès qu'ils auraient pu franchir les passes et pénétrer dans l'avant-port.

Les données correspondant à l'entrée Sud étant à peu près les conditions actuelles, on voit combien le projet de la Commission les améliorerait, mais nous ne pensons pas que ce soit encore suffisant, un port comme le Havre doit recevoir les grands transatlantiques à toute heure de marée.

Ces travaux ne créent pas une rade abritée où les navires puissent venir chercher un refuge assuré, soit contre la tempête, soit contre la poursuite de l'ennemi, à toute heure et par tous les temps, refuge impérieusement réclamé par la marine.

Le nouvel avant-port ne peut être mis en communication facile ni avec les docks, ni avec les établissements industriels ; les péniches de la Seine ne se hasarderont jamais dans cette grande surface d'eau de 250 hectares où l'agitation sera assez à craindre pour empêcher les opérations à quai.

Le môle isolé de la terre ferme par des passes de 250 mètres, ne peut être que bien peu utilisé.

On a supposé que le canal de Tancarville suffirait pour donner accès à tous les bateaux de Seine, mais s'il constitue la voie d'accès obligatoire pour les péniches, il n'en est pas de même pour les nombreux bateaux chalands ou vapeurs assez solidement construits pour supporter un peu d'agitation, et le nombre en augmentera forcément avec le nouveau tirant d'eau du fleuve entre Paris et Rouen. Le Havre a grand intérêt à leur faciliter l'accès du port en leur créant une entrée du côté de l'Eure, moins dangereuse et plus directe que les entrées projetées.

Le nouvel avant-port ne pourra donc être utilisé par le commerce que dans une bien faible mesure, et ne servira guère qu'à assurer le maintien des passes creusées à 5,50 au-dessous de zéro.

Nous pensons que ce serait acheter bien cher par la création d'une darse de 200 hectares, entourée de digues de 3,900 mètres de développement, d'une largeur moyenne de 100 mètres avec des terrepleins d'une surface à peu près inutile de 38 hectares, un accès insuffisant que l'on peut obtenir dans de meilleures conditions, à beaucoup moins de frais.

2°. — *Bassin à flot.* — Ce bassin constitué par plusieurs darses d'opération séparées par des môles inclinés et communiquant par un bassin d'évolution est aménagé suivant les exigences modernes; mais sa situation au sud des anciens établissements maritimes laisse entièrement subsister les critiques nombreuses et trop fondées que l'on a faites au projet Bellot.

Par sa position ce bassin se trouve isolé de tous les autres, au grand détriment des échanges de navire à navire qui ne pourront communiquer qu'à marée haute en passant par l'avant-port, sans communication possible avec les péniches qui ne se hasarderont jamais à franchir l'avant-port ; il sera donc impraticable à la batellerie et onéreux pour le cabotage.

Il aura tous les inconvénients des ports extérieurs, c'est-à-dire qu'un seul de leurs côtés peut être utilisé dans les conditions normales. Le môle du large, exposé aux embruns ne pourra recevoir que les marchandises ne craignant pas la mouille, mal relié avec les voies de terre, ne pouvant être raccordé avec les voies de fer que par des plaques tournantes ou des courbes de trop petit rayon, les manutentions seront lentes et trop chères pour les marchandises de peu de valeur.

Si les terre-pleins du Nord sont plus que suffisants pour les opérations d'embarquement et de débarquement, ils sont loin de suffire pour la création des docks, des entrepôts, des établissements industriels, des gares de triage, en un mot de tous les établissements qui sont nécessaires non seulement à l'exploitation du port, mais encore de ceux qui servent à l'emmagasinement et à la transformation des produits d'échange ; les surfaces seraient-elles suffisantes que leur position constituerait une lourde charge. Les voies d'accès, traversant les ponts tournants de tous les anciens établissements, gêneront leurs mouvements comme elles seront gênées par eux aussi, si le tonnage, comme on est en droit de l'espérer, arrive à 5 ou 6 millions de tonnes, on peut craindre des encombrements, des retards, des accidents, qui éloigneront les navires et gêneront l'industrie, au grand détriment de notre développement commercial.

Le programme que doivent remplir les nouveaux ports, et que nos rivaux cherchent à réaliser se formule comme suit, et ne se trouve pas rempli par le projet dans toutes ses parties :

1° Indépendance absolue des voies de terre et des voies maritimes;

2° Terrains indéfinis pour la création d'entrepôts et d'établissements industriels ;

3° Possibilité d'extension des établissements maritimes sans modifier ou nuire aux installations existantes.

Les établissements de radoub sont dispersés dans tous les bassins ; bien qu'il soit nécessaire que les navires les trouvent à proximité de leurs postes d'opération pour la visite, le nettoyage et la peinture de leurs carènes, ainsi que pour les petites réparations, il est indispensable de posséder dans un grand port toute la série d'installations servant à l'armement, aux grosses réparations, qui exigent un outillage spécial très puissant, groupées à proximité des grands ateliers de construction, en relation directe avec les chemins de fer et la batellerie pour recevoir économiquement et rapidement les lourds engins, hélices, chaudières, machines des bateaux modernes. — Or, aucune des installations construites ou projetées ne répond à ce desideratum.

L'exploitation du port restera donc difficile et coûteuse. Marseille offre un exemple frappant des inconvénients que peut produire l'oubli de quelques-unes des conditions indiquées.

Bien que l'indépendance des voies de terre et de mer soit parfaitement assurée, que l'outillage soit très perfectionné, les gares de triage et de formation des trains étaient il y a peu de temps insuffisantes, mal reliées aux voies de quai, les entrepôts étaient trop chers pour les marchandises de peu de valeur, les corporations trop exigeantes. — Ces inconvénients ont suffi pour maintenir les prix des manutentions à un taux trop élevé pour les chaux, minerais, charbons, sels, alfa et autres matières premières dont le commerce n'a pu se développer à Marseille et qui ont dû aller chercher dans les ports rivaux des conditions moins onéreuses, au grand détriment de l'industrie nationale et de la prospérité du port lui-même.

Qu'il nous soit encore permis d'adresser un reproche au projet de la Commission. Les ouvrages accessoires, avant-port, môles à la mer, sont trop étendus, ne sont pas en rapport même avec les plus brillantes prévisions d'avenir. La puissance de tonnage d'un port, comme celle d'une gare, est loin de croître proportionnellement aux dimensions qu'on lui donne. Il est préférable de la rechercher dans un outillage très perfectionné, dans un groupement rationnel des

aménagements, dans la rapidité des manutentions, dans une exploitation intelligente, *très commerciale*, s'attachant à éviter les formalités inutiles, les encombrements, à activer par tous les moyens les opérations. — En restreignant les parcours on gagne du temps, on réduit le prix des transports, on facilite la surveillance tout en réduisant le capital d'établissement.

Estuaire de la Seine. — La Commission, s'inspirant des belles théories de M. Fargue, a établi son projet en remaniant les digues actuelles à partir de Quillebœuf (Fig. 20) et en les prolongeant jusqu'au méridien de Honfleur au moyen d'une double sinusoïde dirigée de manière à faire passer le jusant de la Seine sous les jetées de ce port.

La largeur du débouché entre les musoirs aurait environ 3,000 mètres, la digue nord étant laissée à l'état de digue basse sur plusieurs kilomètres avant l'embouchure.

On déterminerait ainsi des mouillages profonds au droit de chaque concavité, séparés par des hauts-fonds courts et peu saillants. Un de ces mouillages étant maintenu devant Honfleur par la concavité de la digue, la direction du dernier élément permet d'espérer que le chenal gagnera directement la fosse profonde située entre Amfard et le Ratier en présentant dans cet intervalle un seuil qui serait à peu près fixe, très court, facile à baliser, qu'on pourra par suite éclairer et qui assurera ainsi la navigation de nuit.

Il est certain que conformément aux théories de M. Fargue, ces résultats seraient atteints en amont dès que les courants de flot, par suite de la présence des digues, auraient pris une direction parallèle, mais il est à craindre qu'à l'embouchure l'antagonisme des trois courants de flot pénétrant par les passes laissées ouvertes, ne continue à produire des tourbillons, des remous, de la molle eau, et que cette action contre-balançant l'effet des digues, des bancs variables ne se forment dans cette large embouchure, et que les sables du dehors, pénétrant comme auparavant sous l'effet des tempêtes du N.-O., ne viennent encore fermer le port de Honfleur.

En admettant même qu'il ne puisse y avoir aucune déception, qu'il soit prouvé que les résultats seront certainement atteints, nous pensons qu'ils sont loin d'être suffisants. Ils ne donnent pas la rade profonde et abritée, complément rigoureusement indispensable

de nos établissements maritimes de la Seine au double point de vue des intérêts commerciaux et de la défense nationale.

Cette solution offre de plus, de très sérieux dangers pour le Havre.— En rejetant à tout jamais le chenal dans la passe centrale, la Commission a reconnu elle-même que les travaux produiraient à brève échéance un relèvement des fonds devant l'entrée actuelle. Or dès que cette action commencerait à se produire, la ville, du Havre ne manquerait pas de réclamer l'arrêt immédiat des travaux dans l'estuaire, et la navigation de la Seine pourrait se trouver compromise pour de longues années.

L'estimation des dépenses pour l'exécution des divers projets de la Commission s'élèverait à 140,000,000, c'est-à-dire de 40 0/0 plus élevée que celle qui serait nécessaire pour doter la Seine d'un outillage beaucoup plus rationnel et plus complet.

X. — **Conclusion.**

Nous pensons avoir suffisamment démontré que le projet présenté au nom de la Société de défense des intérêts de la Seine par M. de Coene, basé sur la loi mise en lumière par M. Partiot, satisfait largement à toutes les conditions du programme le plus exigeant, et dotera le pays d'un établissement maritime aussi bien aménagé que les meilleurs ports anglais et de la mer du Nord, indéfiniment extensible, répondant aussi bien aux besoins présents qu'à tous ceux que l'avenir peut exiger, puisqu'il peut se développer sur toute la longueur du canal de Tancarville.

Le port ainsi placé au milieu de la plaine de l'Eure provoquerait rapidement dans ces vastes terrains presque horizontaux un puissant développement industriel, sans rival possible pour le traitement des matières premières.

Les ateliers des Forges et Chantiers, en communication directe avec le bassin d'armement et de réparation, prendraient un accroissement en rapport avec l'augmentation de tonnage du port dont ils formeraient pour ainsi dire une annexe.

Ainsi puissamment outillé pour le transit, tête de ligne des services postaux de toute l'Europe septentrionale, le Havre verrait ses

marchés se développer rapidement et reprendrait le rang qu'il s'est laissé enlever en s'attardant trop dans ses anciennes coutumes, en s'épuisant dans des luttes stériles contre Rouen — dont au contraire la prospérité lui est indispensable.

Admettons cependant que,contrairement à tous les faits observés, l'estuaire se comble, y aurait-il pour cela un seul des intérêts en jeu compromis? Nous pouvons affirmer le contraire; la Seine subsistera toujours, c'est-à-dire un cours d'eau de 500 mètres de large, à grand débit, qui se tracera son chemin à travers l'estuaire. Il suffirait d'ailleurs de continuer les digues à travers cet estuaire, de les prolonger sur les hauts de la rade jusque dans les grands fonds de la Hève; là nous trouverons, à toucher la côte, des profondeurs de 20 mètres, le fleuve ne recevrait plus que des eaux absolument claires et donnerait accès, dans d'aussi bonnes, sinon meilleures conditions qu'aujourd'hui, aux trois ports le Havre, Honfleur, Rouen qui doivent constituer un établissement maritime égal à ceux de Londres et de Liverpool (Pl. 121, Fig. 20).

Cette idée a été émise en 1845 par M. Bouniceau, dont la compétence en fait de travaux maritimes fait encore loi.

Mais l'estuaire ne se comblera pas, parce que la loi est générale, parce qu'aucune cause locale ne peut l'annuler.

Plus on étudie cette question complexe, que ce soit au point de vue des intérêts locaux, de l'intérêt général, aussi bien que de la défense du pays, plus on s'attache à cette solution qui leur donne une satisfaction complète, et cette solution doit être formulée ainsi :

FIXATION DU CHENAL DE LA SEINE DEVANT LE HAVRE.

ANNEXES

A

DESCRIPTION SOMMAIRE

Des Travaux exécutés dans la Ria de Bilbao.

M. E. Churruca, Directeur des Travaux

Ria de Bilbao. — Le Rio Nervion qui prend le nom de Ria de Bilbao en aval de cette ville, se jette à la mer au fond d'une baie sablonneuse exposée aux tempêtes du nord-ouest d'une violence extrême sur ces côtes (Fig. 21, Pl. 121).

Les marées gênées par les bancs de la rivière, par le tracé défectueux des rives, ne remontaient il y a peu d'années que difficilement à Bilbao sur environ 14 kil.; en amont le lit se trouve barré par des moulins.

Le débit ordinaire du Nervion est très faible, mais ses crues atteignent une grande violence.

L'amplitude totale de la marée est de $4^{m},50$ en vives eaux d'équinoxe, de $2^{m},75$ dans les mortes eaux qui suivent.

Dès le xv^{e} siècle les consuls de Bilbao cherchent à améliorer les passes de la rivière, et depuis cette époque on a pu suivre dans les archives la trace de tous les travaux qui ont été tentés dans ce but. Quoi qu'il en soit, dans ces dernières années l'embouchure était fixée devant Portugalete par deux quais verticaux légèrement divergents, prolongés par des enrochements subsistant encore, mais ne se découvrant en partie que dans les grandes marées. Ces enrochements, bien que quelquefois recouverts par les sables, avaient cependant sur les courants une action suffisante pour rejeter la barre à l'extrémité nord du quai.

Le courant principal de flot arrive du N.-O. dans l'axe de la baie

et entre directement dans l'embouchure, mais l'action retardatrice des côtes produit deux contre-courants qui, longeant les bancs de la plage de las Arenas et de Sancturce, se chargent de sable, et entrent dans la rivière où ils produisent par leur antagonisme de la molle eau qui provoque des atterrissements.

Le jusant vient frapper le quai de Portugalete contre lequel il s'appuye sur toute sa longueur en produisant une fosse à son pied.

La barre oscillait de l'ouest à l'est sur 550 mètres de largeur entre Sancturce et las Arenas suivant l'état relatif de la mer et de la rivière, et sa profondeur variait de $0^m,65$ à $2^m,50$, ces extrêmes étant très rares. La profondeur normale était de $1^m,15$ au-dessous des plus basses mers d'équinoxe. La direction de la barre que l'on avait reconnue comme la meilleure, tant au point de vue de la navigation que de la profondeur, s'infléchissait un peu au nord par rapport à la direction des quais de Portugalete.

Déjà, en 1630, le Consulat de Bilbao avait reconnu que la barre avait pour origine les coups de mer qui y accumulaient les sables, que seule l'action des courants violents provenant des grandes crues de la rivière pouvaient enlever, c'est ce que les pratiques de Portugalete ont constamment confirmé depuis.

On avait enfin reconnu l'effet nuisible produit par l'écoulement d'un ruisseau, le rio Gobelas, qui se jetant à la mer sur la plage de las Arenas, entretenait les sables dans une saussi bienité et favorisait leur entraînement par les courants de maution qui us de suite qu'on n'a pas hésité à le rejeter dans la rivière en un point où son action n'est plus nuisible, au moyen d'une longue dérivation.

Avant les travaux, la situation était donc la suivante ; sous l'action des vents et des courants de marée la barre variait en position et en profondeur, offrant de grands dangers à la navigation, tant par les brisants que son peu de profondeur provoquait que par la sinuosité des chenaux que les navires étaient obligés de suivre. Les navires de 1,200 tonneaux ne pouvaient d'ailleurs entrer qu'en vive eau.

Après de nombreuses études, Don E. de Churruca fut chargé d'arrêter les projets ainsi que de l'exécution des travaux qui se divisent en deux catégories bien distinctes : les travaux en rivière. les travaux à la mer.

L'amélioration de la rivière a consisté dans la rectification des

courbes défectueuses au moyen de digues longitudinales, et dans le dragage des hauts-fonds trop durs pour être enlevés par les courants. Ces travaux, offrant une certaine analogie avec ceux de la Seine, ont produit des résultats excellents tant au point de vue de la navigation que de l'écoulement des grandes crues qui noyaient auparavant les quartiers bas de la ville.

Il a été dragué environ 1,200,000 mètres cubes.

La lumière électrique a été installée sur environ 5,500 mètres à partir de l'embouchure, c'est-à-dire toute la longueur affectée aux chargements de minerai, et grâce aux puissants moyens de chargement organisés par les Compagnies minières, un navire peut faire ses opérations en deux marées.

Travaux à la mer. — Le projet actuellement très avancé, consistait à construire dans le prolongement du quai de Portugalete, une jetée de 800 mètres de longueur en courbe de 3,000 mètres de rayon, suivant à peu près la direction du chenal qui avait été reconnue la plus avantageuse, une courbe concave dont le dernier élément était orienté au Nord (Fig. 21, 22, 23, Pl. 121).

D'après la forme du projet on devait arriver ainsi à soustraire le chenal aux dominants du Nord-Ouest, tout en permettant aux navires d'attaquer franchement les passes pendant les gros temps venant de cette direction. Il espérait que le chenal soustrait à cette influence, en vertu de la force centrifuge, se maintiendrait le long de la jetée, et que l'action des courants se faisant sentir toujours sur le même point ferait disparaître la barre.

L'effet prévu s'est produit dès l'origine des travaux, à mesure que les enrochements et le corps de la jetée s'avançaient vers le large, la barre s'approfondissait. Au 31 décembre dernier les enrochements étaient sinon terminés, au moins très avancés ; il ne restait que 200 mètres de longueur de jetée à construire ; on avait déjà obtenu $4^m,45$ de profondeur au-dessous du zéro (Fig. 22, Pl. 121).

En 1885, il est vrai, le talus s'est avancé vers le large ; il y a eu remblai, sur une faible longueur, mais les profondeurs se maintiennent bien malgré les coups de mer, et le thalweg reste remarquablement fixe, au pied même des enrochements. Le profil en long montre que dans toute la longueur de la jetée il offre une remarquable régularité.

A l'opposé de la jetée il s'est produit le banc que nous retrouvons à la sortie de tous les goulets, formé par les sables rejetés par le jusant. Il augmente pendant l'été, période de calmes ; l'agitation des gros temps de l'hiver favorisant le transport par les courants le fait diminuer. On considère d'ailleurs que ce banc n'est pas nuisible, il contribue à maintenir le chenal contre la jetée Est.

Les devis des travaux montent à . . . . 12,250,000 francs.
Il a été dépensé au 31 décembre 1885. . . 7,500,000 francs.

Les dépenses ont été faites par la ville de Bilbao, qui émet des obligations au fur et à mesure de ses besoins, sous le contrôle de l'État.

Le mouvement comparatif du port avant et après les travaux peut se caractériser par les chiffres suivants :

		1878	1885
Tonnage effectif	Importation. .	209.893t	383.531t
	Exportation. .	1.791.951	3.191.153
	Total.	2.001.844t	3.579.684t
Profondeur sur la barre	En morte eau.	3m75	7m30
	En vive eau d'équinoxe.	5m75	ar l'é 8m95
Tirant d'eau moyen des navires entrés	En morte eau.	11 pieds = 3m35	17 pieds = 5m18
	En vive eau.	15 pieds = 4m50	21 pieds = 6m30
Chargement maximum des navires entrés.. .		1,500 à 1,800 tonneaux	3,400 tonneaux

Les résultats obtenus, augmentation du tonnage des navires, réduction au minimum du temps employé aux opérations, ont baissé le prix du fret dans d'énormes proportions et ont permis d'augmenter le tonnage d'exportation des minerais malgré la crise qui sévit depuis plusieurs années sur la métallurgie.

Nous avons cru devoir entrer dans quelques détails qui s'éloignent un peu du sujet spécial qui nous occupe, croyant intéressant de faire connaître à la Société le parti qu'un Ingénieur habile, avec de la hardiesse, a su tirer de ressources relativement faibles.

Mais il y a lieu de retenir comme application à la Seine, que la construction d'une seule digue concave à grand rayon, abritant le chenal contre l'action des tempêtes a suffi pour fixer définitivement le chenal au travers de bancs très mobiles, que le thalweg se maintient au pied des enrochements, qu'enfin malgré le faible

volume des eaux entrant à chaque marée (10 millions), on a obtenu sur la barre la profondeur de $4^m,45$ sous le zéro des cartes, en remarquant que les sondages ont donné le rocher à 6 mètres environ sous ce zéro.

B

COMPARAISON DU DÉBIT DU GOULET

ET DU DÉBIT

DE LA SECTION ACTUELLE SUR L'EMPLACEMENT DE LA DIGUE PROJETÉE

L'action réciproque des courants entrant dans l'estuaire par trois passes, suivant des orientations différentes, produit des tourbillons qui ne permettent pas de calculer le débit par les formules ordinaires de l'hydraulique en fonction de la pente et du périmètre mouillé ; la violence du flot qui remue si profondément les fonds doit également apporter de grandes modifications aux lois de l'écoulement, mais comme toutes ces raisons tendent à diminuer le débit, les formules donnent un maximum qui est loin d'être atteint en réalité.

Dans le goulet, au contraire, le régime sera plus régulier; il n'y aura pas de courants antagonistes et l'écoulement se rapprochera davantage des lois étudiées.

Quoi qu'il en soit, le calcul approximatif suivant ne peut donner qu'une première idée de ce qui se passera ; pour tenter un calcul plus rigoureux, il faudrait une série de recherches et d'observations qu'on est bien loin de posséder.

Suivant le profil de la digue projetée, la cote moyenne du fond est à 1^m17 au-dessous du zéro des cartes pour une largeur de $8{,}690^m$. Nous comparerons le débit moyen à mi-marée lorsque la mer est à 4^m29 au-dessus du zéro des cartes. Nous emploierons la formule de Tadini largement suffisante dans le cas actuel et plus maniable que celle de Prony.

Soit S S′ les sections mouillées — R R′ les rayons moyens
$p\,p'$ les périmètres mouillés — I I′ les pentes superficielles supposées égales
$v\,v'$ les vitesses — Q Q′ les débits

On aura $S = 8.690\ (1{,}17 + 4{,}29) = 47.450^{m2}$ $\quad p = 8.690$

$v = 1^m60$ vitesse observée.

$$R = \frac{S}{p} = 5.46 \qquad Q = Sv = 71.300^{m3}$$

$$I = \frac{v^2}{2500\,R} = 0{,}000.1875.$$

Si nous supposons que la pente superficielle soit la même après la construction de la digue, nous pourrons calculer le nouveau débit. Ce n'est qu'une hypothèse qui est loin d'être rigoureuse ; mais comme le niveau de la mer sera sensiblement le même et que celui du fleuve sera, comme nous l'avons vu, plutôt abaissé, la pente serait probablement plus forte, ce qui augmenterait la vitesse. On peut donc admettre qu'elle soit égale à titre de première approximation. Ce qui tendrait plutôt à diminuer le débit.

La largeur du goulet étant de 2,000 mètres, la profondeur moyenne sera supposée de 10 mètres au-dessous du zéro des cartes, comme nous l'avons indiqué. On aura alors :

$$S' = (10 + 4.29)\ 2.000 = 28.580^{m2} \quad p' = 2.000^m \quad R' = 14.29$$

La formule de Tadini donne pour la vitesse :

$$v' = 50\sqrt{RI} = 50\sqrt{14{,}29 \times 0{,}000.1875} = 2^m59$$

d'où $\quad Q' = 28.580 \times 2{,}59 = 74.100^{m3}$

Le débit du goulet serait sensiblement supérieur d'après ces calculs au débit actuel. On peut donc admettre en toute sécurité que le goulet ne constituera pas un obstacle au passage de la marée, c'est ce qu'il importait de vérifier.

TABLE DES MATIÈRES

AVANT-PROPOS 618

I. — Loi de M. Partiot sur les embouchures à goulet. . . . 622
II. — Exemples divers d'embouchures à goulet 624
III. — Embouchures dans les mers sans marées 628
IV. — Embouchures évasées 629
V. — Régime des marées, des courants et des alluvions dans la baie du Calvados et l'estuaire de la Seine. . . . 630
VI. — Marche de la marée dans la partie fluviale 634
VII. — Effet de la fixation des chenaux 638
VIII. — Travaux projetés pour l'amélioration de l'estuaire
1°. — Effets du môle 642
2°. — Travaux à l'intérieur de l'estuaire 647
3°. — Travaux à exécuter dans l'intérieur du fleuve. 649
IX. — Projets présentés par la Commission d'études.
Port du Havre. 1° Avant-Port 652
— 2° Bassin à flot 654
Estuaire de la Seine 656
X. — Conclusion 657

ANNEXES.

A. — Description sommaire des travaux exécutés à l'embouchure du Nervion (Ria de Bilbao) 659
B. — Comparaison du débit du goulet et du débit de la section actuelle suivant le profil de la digue projetée. . 663

DE L'ORGANISATION

DU

MARCHÉ DU TRAVAIL

Par M. Georges SALOMON

I. LE PLACEMENT ET LA PUBLICITÉ DU TRAVAIL

L'excellente organisation des marchés des pr$\overset{=\,2^{e}}{\underset{10^{ms}}{\quad}}$ et des capitaux fait absolument défaut aux marchés du ; il suffit, pour s'en rendre compte, de voir les conditions défectueuses dans lesquelles la vente du travail s'effectue à Paris et dans les principaux centres industriels.

A tout moment, en temps de crise ou de prospérité, le patron parisien n'a ordinairement pas à se déranger pour se procurer des ouvriers, il n'a qu'à ouvrir ses portes à ceux qui viennent spontanément lui offrir leurs services. Pour se procurer du travail, en effet, les ouvriers de Paris sont tenus d'aller au hasard de chantier en chantier, d'atelier en atelier. Ils perdent ainsi journées sur journées à circuler d'une des extrémités de la ville jusqu'à l'autre ; ils risquent plutôt de se débaucher que de s'embaucher au cours de leurs pérégrinations ; ils déprécient leur produit en l'offrant à l'acheteur ; enfin, ils doivent surmonter la répugnance, peu justifiée d'ailleurs, qu'ils éprouvent assez souvent à aller au-devant du patron.

En dépit de tous les inconvénients qu'il offre à l'ouvrier, l'embauchage au domicile du patron se généralise de plus en plus. Le représentant du Syndicat des ouvriers peintres en bâtiments s'en est plaint devant la Commission d'enquête parlementaire dite des Quarante-quatre : (1) « Au lieu d'aller embaucher sur la place de Grève, comme c'était l'habitude autrefois, a-t-il dit, les entrepreneurs attendent que les ouvriers passent s'offrir chez eux, ce qui est contraire aux habitudes de la profession. Mais, enfin, on risque le mépris de ses camarades et on y va. »

La place de Grève est une ancienne place de Paris qui était située à côté de l'Hôtel de Ville, sur le bord de la Seine. Jadis, on y faisait les exécutions juridiques et l'on y embauchait exclusivement les ouvriers de plusieurs corps de métiers. Aujourd'hui l'embauchage se fait sur la place Baudoyer et sur diverses places auxquelles on a donné, par extension, le nom de *Grèves*. Là, depuis les premières lueurs du jour jusqu'à une heure plus ou moins avancée de la matinée, en toutes saisons, par tous les temps, les ouvriers d'un certain nombre de professions, du bâtiment en particulier, s'assemblent en plein air, attendant le patron, les contremaîtres et ces intermédiaires abhorrés dits marchandeurs ou tâcherons, pour s'embaucher de gré à gré. Tout autour des grèves sont des débits de vin ou de tabac qui ne désemplissent pas. Certains y vont « tuer le ver » ; certains y vont se reposer des fatigues d'une longue marche, lassés de rester plusieurs heures debout et sans abri, d'autres enfin, s'y laissent entraîner par les camarades qui y résident en permanence. Parfois, l'embauchage se fait à l'intérieur de ces débits. Parmi les charpentiers, ceux qui n'appartiennent ni au *Compagnonnage du Devoir* ni à la Chambre syndicale, les *Indépendants*, sont engagés dans un bureau de tabac de la rue Saint-Martin. De même, les plombiers zingueurs et les couvreurs sont assez souvent recrutés chez un marchand de vin de la place du Châtelet ; les entrepreneurs de couverture et de plomberie ont été avisés, par lettre spéciale, de l'existence de ce lieu d'embauchage. Chacun de ces débits encombrés de « sublimes »

(1) Procès-verbal de la commission chargée de faire une enquête sur la situation des ouvriers de l'industrie et de l'agriculture en France et de présenter un premier rapport sur la crise industrielle à Paris. (1884).

et de politiciens est un foyer où les meilleurs ouvriers, aigris par la misère, ne tardent pas à se corrompre.

Les bureaux de placement de Paris ne sont guère fréquentés que par les ouvriers des professions alimentaires, les domestiques et les employés. Ces bureaux recherchent, de préférence, la clientèle des travailleurs qui louent ordinairement leurs services au mois, parce qu'ils peuvent prélever sur celle-ci, des droits de placement plus élevés que sur des ouvriers embauchés à la tâche ou à la journée. Les boulangers qui, en vertu d'anciens usages, se placent le plus souvent par leur intermédiaire, mènent contre eux depuis longtemps une vigoureuse campagne. En 1848, sur leurs efforts, un arrêté du préfet de police en avait prononcé l'interdiction, mais, en mars 1852, un décret les a rétablis sous certaines conditions. Les boulangers, secondés par les ouvriers qui n'ont pas recours aux placeurs, demandent instamment l'abrogation de ce décret en s'appuyant sur les méfaits, ou pour se servir du terme adopté par la Cour de Cassation, sur les escroqueries qui se commettent si fréquemment dans l'industrie du placement, en dépit de la surveillance de la police.

Hostiles aux intermédiaires qu'ils considèrent comme des oisifs vivant à leurs dépens, les ouvriers réclament, non moins ardemment, l'application intégrale du décret du 4 mars 1848 qui abolissait le marchandage. Ils ne veulent pas comprendre que sans intermédiaires, placeurs ou marchandeurs, les marchés du travail sont condamnés à rester enserrés dans les limites les plus étroites. Ils ne voient pas que c'est grâce aux marchands, banquiers et courtiers, que les marchés des marchandises et des capitaux doivent toute leur importance.

D'ailleurs, à quoi servirait-il de sévir? Le marchandage est interdit en due forme, l'industrie du placement fonctionne sous la surveillance de la police et, interdiction ou surveillance de police sont également impuissantes. Il faut renoncer aux mesures d'exception, s'en fier à la liberté sous l'égide de la justice, ne chercher le salut que par soi-même.

Les patrons et les ouvriers ont bien tenté quelques efforts en vue d'améliorer les conditions défectueuses dans lesquelles le placement s'opère ordinairement dans les grandes villes; ils ont créé des services de placement aux côtés des sociétés de secours mu-

tuels ou des syndicats professionnels, ils ont fondé des sociétés de travail et des bureaux de placement gratuit, mais, selon que ces œuvres sont dues aux patrons ou aux ouvriers, elles sont désertées, sinon combattues par les uns ou les autres.

A Paris, la société de travail du IX^e^ arrondissement et le bureau de placement gratuit des associations catholiques ne placent qu'un nombre infime d'ouvriers. Parmi les sociétés de secours purement ouvrières qui s'occupent avec quelque succès de l'embauchage, il n'y a guère lieu de citer que la *Société des compagnons passants charpentiers du Devoir*. La société d'embauchage et de secours mutuels, *la Rénovation*, fondée, il y a peu d'années, par un petit groupe d'ouvriers peintres en bâtiments, dans le but « d'agglomérer » les ouvriers et de les aider ainsi à se placer mutuellement, mène une existence languissante si, toutefois, elle subsiste encore. L'insuccès des services de placement annexés aux syndicats professionnels s'explique aisément. Créés pour défendre des intérêts opposés, les syndicats sont en quelque sorte des coalitions permanentes auxquelles la partie adverse ne s'adresse jamais volontiers.

Sur les 47 Chambres syndicales ouvrières qui ont comparu devant la Commission des Quarante-quatre, on en compte environ 80 à Paris, seule, la Chambre syndicale de la bijouterie dorée qui possède un bureau permanent, « une permanence », pour le placement de ses membres, a pu établir qu'elle ne parvenait pas toujours à satisfaire la demande. « Cela tient, disait modestement le délégué de ce syndicat devant la Commission d'enquête, à ce qu'une grande partie des ouvriers composant notre Chambre syndicale présentent une surface sérieuse et sont rarement sans travaux. »

L'impuissance des syndicats ouvriers à s'occuper du placement a certainement nui à leur développement. Celui qu'on appelle le citoyen Finance, en faisait implicitement l'aveu, lorsqu'il disait devant les Quarante-quatre, au nom du syndicat des ouvriers peintres en bâtiment : « On s'est formé par petits groupes de quinze à vingt, de façon à s'occuper d'embauchage, et l'on a délaissé la Chambre syndicale qui, elle, s'occupe moins de la question d'embauchage que des salaires. »

A défaut de services de placement qui ne peuvent fonctionner

sans le bienveillant concours des patrons, les syndicats devraient posséder des services ou des organes de publicité, tels que ceux qui existent sur les marchés des marchandises et des capitaux.

Aujourd'hui, l'ouvrier fixé sur un point quelconque du territoire où le travail fait défaut, ignore complétement s'il n'y a pas manque de bras, s'il ne pourrait s'occuper plus avantageusement sur un autre point. Paris fascine l'ouvrier de la province qui y vient, à l'aventure, grossir le nombre des « sans ouvrage », dans l'espoir qu'il y a toujours du travail dans cette ville qui est un monde. La province n'exerce pas les mêmes séductions sur l'ouvrier de Paris. Pour qu'elle l'attirât, il faudrait qu'il sût y trouver une occupation rémunératrice. Ne sachant rien sur ce qui s'y fait et moins encore sur ce qui se fait à l'étranger, il demeure pour ainsi dire rivé à la capitale où, pour écarter les révolutions que suscite la faim, on est réduit à entreprendre à tous moments de vastes travaux publics, sorte d'ateliers nationaux.

Pour faire cesser cette situation, pour éviter le chômage et, par suite, la misère sur certains points du pays tandis que, sur d'autres, il y a pénurie de travailleurs, il importe de développer toujours davantage les moyens de transport à bon marché, de faciliter, par des lois libérales, les transactions sur le travail, et de faire connaître aux ouvriers, les fluctuations des 1848 salaires, l'état de l'offre et de la demande de travail, le stock de travail disponible, le coût de l'existence etc., dans les principaux centres industriels de France et de l'étranger.

Jusqu'à présent, les essais tentés en vue de fournir ces précieuses informations ont échoué devant l'indifférence de la masse des ouvriers et l'hostilité de leurs meneurs.

Un des tenants du collectivisme, M. Joffrin disait dernièrement à la Commission nommée par le Conseil municipal de Paris, pour étudier un projet de bourse du travail ; « Si tout le monde pouvait connaître les cours du travail, ce serait certainement au détriment de l'ouvrier » (1). L'objection n'est pas nouvelle. Avant 1848, les corporations ouvrières de Paris refusèrent d'aider M. G. de Molinari à établir une publicité de travail, sous le prétexte que « les salaires étant plus élevés à Paris qu'en pro-

(1) Commission municipale chargée d'étudier un projet de création d'une bourse du travail (Compte rendu de la séance du lundi 19 novembre 1893).

vince, la publicité donnée aux prix du travail aurait pour résultat d'augmenter l'affluence des bras » (1). En 1857, à Bruxelles, MM. G. et E. de Molinari durent renoncer, au bout de six mois, tant du fait des patrons que des ouvriers, il est vrai, à publier le journal « La Bourse du Travail », qui contenait un bulletin de renseignements sur l'état du marché du travail. Les journaux similaires fondés à Vienne (Autriche) et à Paris n'ont également eu qu'une existence éphémère, et, l'on est autorisé à attribuer la réussite de l'organe hebdomadaire qui paraît à Londres, sous les auspices des Trades-Unions, le *Labour-News* (Nouvelles du travail), à ce qu'il ne fournit aucune indication sur le taux des salaires, sauf à l'étranger.

L'absence de renseignements sur l'état du marché du travail n'est pas non plus sans inconvénients pour les patrons. Quand il se crée une industrie dans une région où il n'y en a pas de semblables, ses fondateurs sont parfois tenus d'envoyer des agents ou de recourir à toutes sortes de procédés pour y faire venir des ouvriers compétents.

S'il existait une publicité du travail portant sur les divers centres industriels, il leur suffirait d'un simple avis pour se procurer la main-d'œuvre. De même, il arrive qu'à la suite de difficultés entre patrons et ouvriers, le travail se trouve parfois arrêté, faute de concurrents qui viendraient des lieux où ils sont moins bien rétribués, s'ils avaient connaissance de la situation. Quoi qu'il en soit, vu l'excédent d'offre et les moyens dont ils disposent, les patrons ne souffrent qu'accidentellement, et toujours beaucoup moins que les ouvriers, de l'absence d'informations sur la situation du marché du travail. S'ils se montrent disposés à améliorer les modes d'embauchage, au moins pour se procurer plus aisément des ouvriers de leur choix, ils trouvent par trop d'inconvénients à la publicité du travail pour concourir à son établissement. Tout d'abord, ils redoutent que cette publicité rende l'ouvrier plus nomade et plus exigeant. Volontiers, ils diraient après M. Cheysson : « le but qu'il faut poursuivre par le libre jeu des intérêts bien éclairés, ce n'est pas la mobilisation de la main-d'œuvre, sa dissémination et son déplacement au moindre courant ou à la plus légère fluctuation, c'est son assiette et sa stabilité qui sont également profitables à l'ouvrier,

(1) Société d'économie politique de Paris (compte rendu de la séance du 5 juin 1882).

au patron, à l'industrie et au pays tout entier » (1). Nous pourrions bien objecter aux patrons que tous les efforts qu'ils ont tentés en vue de s'attacher les ouvriers ont été infructueux. Nous pourrions leur dire que si l'ouvrier de province connaissait mieux les conditions du travail à Paris, il se déplacerait moins facilement et n'émettrait pas à tout propos des prétentions exagérées, et, inversement, que l'ouvrier de Paris qui saurait ce qui se passe au dehors n'encombrerait pas la capitale quand il y manque d'occupation ; en un mot, que la publicité du travail servirait à la fois de digue et de trop-plein contre l'envahissement de Paris par les ouvriers, mais ils ne nous entendraient pas. Ils ne craignent pas seulement qu'une publicité du travail rende les ouvriers plus nomades et plus exigeants, ils craignent encore qu'elle permette à ceux-ci de se coaliser plus facilement contre eux.

C'est au milieu de ces dispositions d'esprit des patrons et des ouvriers que l'on demande de plusieurs côtés à la commune ou à l'état de créer à Paris, une « Bourse du travail » qui aurait pour but essentiel de placer les ouvriers et de fournir des informations sur le travail. Nous allons tenter de signaler les motifs qui doivent empêcher de déférer à cette demande.

II. LES BOURSES DU TRAVAIL

Le travail manuel diffère suffisamment des autres produits ou marchandises pour qu'il soit impossible de le négocier dans des bourses du travail imitées des bourses de commerce. Essentiellement variable de qualité, il ne se prête pas aux subdivisions ou classifications qu'on a effectuées sur les valeurs mobilières, les textiles, les céréales, les denrées ou les métaux. Déjà, pour certains produits, il faut se livrer sur le marché à des essais longs et compliqués, avant d'en préciser la valeur. Pareils essais ne sauraient être pratiqués sur le marché du travail. C'est à l'usage au bout d'un ou plusieurs jours de service que doit se déterminer et que se détermine, d'ailleurs, le plus souvent, le prix du travail manuel. Comme les séries de prix de la Ville de Paris et les tarifs de salaires établis dans plusieurs professions, des mercuriales

(1) Société d'économie politique de Paris (Séance du 5 juin 1883).

hebdomadaires ou journalières de salaires n'auraient qu'une valeur indicative et ne pourraient servir de base fixe à des transactions. Deux ouvriers orfèvres, deux ouvriers terrassiers ne livrent pas la même somme de travail, la même nature de travail, dans le même laps de temps. Qu'ils soient employés à la tâche, à l'heure où à la journée, le courtier d'une bourse ne pourrait vendre leur travail, à prix fixe de l'unité, que si la théorie de l'égalité des salaires passait dans la pratique. Même, sous ce régime utopique, que de difficultés n'éprouverait-il pas encore à rassembler un certain nombre de têtes et, surtout, à les livrer. Autant d'ouvriers, autant de transactions, autant de causes d'annulation du contrat passé entre lui et l'acheteur. L'homme n'est plus « de toutes les espèces de marchandises, la plus difficile à transporter » ainsi qu'au temps d'Adam Smith, mais, il est bien, dans les pays libres, la marchandise la plus difficile à vendre. Pour nombre de raisons, parmi lesquelles nous ne rangerons ni les maladies ni la mort, puisqu'on ne table pas sur ces facteurs dans les marchés aux bestiaux, la marchandise humaine ne permet pas de transactions en gros. Douée de la mobilité des fluides les plus subtils, elle est essentiellement difficile à accumuler et à distribuer. Bien téméraire, serait, donc le courtier d'une bourse de travail qui s'engagerait à livrer à un moment donné, en un lieu donné, une certaine quantité de travail manuel de qualité et de prix déterminés. Le travail manuel doit se vendre, disons, si l'on veut, se louer en vertu d'un contrat passé directement entre chaque patron et chaque ouvrier et, le rôle du courtier doit se borner à rapprocher l'un de l'autre.

D'ailleurs, les ouvriers ne veulent plus d'intermédiaires. Des courtiers en travail assimilés aux courtiers en marchandises ou aux agents de change seraient encore moins bien vus par eux que les placeurs actuels.

On s'en rend si bien compte, que les bourses du travail projetées à Paris et à Bruxelles n'auraient d'une bourse que le nom : elles ne seraient, en réalité, que des agences officielles de placement et de renseignements.

En 1851, M. Ducoux soumettait à l'Assemblée constituante une proposition de loi, en vertu de laquelle, une somme de 300,000 francs serait affectée à l'établissement d'une *bourse des travailleurs* conçue

sur les plans et devis qu'il avait présentés, dès 1848, à la commission municipale de Paris.

D'après l'article 2 de la proposition Ducoux : « Cette bourse, divisée en compartiments affectés aux différents corps de métier, contiendrait des bureaux de placement pour les ouvriers et tous les renseignements propres à éclairer le public sur les divers éléments du travail.

Le prix des marchandises, le taux des salaires, en un mot, toutes les conditions qui intéressent le patron et l'ouvrier, le producteur et le consommateur, y seraient recueillies et exposées avec soin.

La proposition Ducoux fut rejetée par l'Assemblée constituante, sous le prétexte qu'elle suscitait une question d'ordre communal qui devait être tranchée par la commission municipale de Paris.

Pendant toute la durée de l'Empire, il ne fut plus question de bourses du travail. C'est seulement en 1875 que le Conseil municipal de Paris s'en occupa à nouveau. Depuis cette époque une commission administrative élabora un projet auquel il n'a encore été donné aucune suite, en raison de l'inertie de la masse des ouvriers sérieux et, surtout, de l'hostilité de ceux qui n'aspirent qu'à la suppression des salaires. Plus de salaires, plus de bourses du travail, bien entendu.

D'après le projet adopté par cette Commission à la date du 4 mai 1882, la Ville de Paris consacrerait une somme de douze millions à l'érection d'un bâtiment, disons plutôt d'un monument, qui servirait : 1° à fournir une salle, un hall central chauffé, éclairé de 1,200 mètres superficiels, destiné à l'embauchage des ouvriers; 2° à donner aux Chambres syndicales ouvrières des locaux pour leurs assemblées générales et leurs réunions ordinaires; 3° à établir des bureaux tenus par des agences commissionnées et payées, à cet effet, par la direction de la bourse, pour enregistrer et communiquer aux intéressés les offres et les demandes, et remplacer ainsi les bureaux de placement; 4° à publier hebdomadairement les principaux prix du travail tant à Paris que dans les grands centres industriels et commerciaux de France et de l'Étranger, tel qu'il résulte du rapport de l'offre et de la demande; 5° à renseigner tous les intéressés sur l'état des rapports entre l'offre et la demande dans les principales villes de France et de l'Étranger, au point de vue de

l'insuffisance du nombre des ouvriers nécessaires pour satisfaire aux demandes.

Ce projet d'*hôtel ou de palais gratuit* des Chambres syndicales ouvrières se singularise par le mode de gestion qu'il adopte : « En attendant la constitution d'une représentation légale des travailleurs », la gestion de la bourse serait confiée à une commission présidée par le préfet et composée de deux membres désignés par lui, de six conseillers municipaux ainsi que des présidents et vice-présidents *ouvriers* des Conseils de prud'hommes. Cette commission aurait sous ses ordres, pour le fonctionnement de la bourse, un secrétaire général, chef de service, cinq chefs de section, à la tête des cinq groupes entre lesquels l'industrie a été divisée *grosso modo* et vingt-deux commis.

L'humanité, la morale, le respect qu'on doit au travail, cette marchandise sacrée, imposent la suppression des grèves en plein vent. Mais, au lieu d'établir uniquement un hall de 1,200 mètres superficiels, il suffirait d'élever une série de hangars ou d'abris de dimensions convenables, sur les lieux ou non loin des lieux qui servent de grèves. D'une part, on éviterait ainsi aux patrons et aux ouvriers des déplacements souvent considérables, et, d'autre part, on écarterait les dangers que peut susciter, à certains moments, l'accumulation d'un trop grand nombre de personnes sur un point central de la capitale.

Dans chacun de ces abris, il serait facile d'organiser des bureaux gratuits de renseignements analogues à ceux qu'un décret du 8 mars 1848 proposait d'établir dans les mairies de Paris. Ou, plutôt, comme l'ouvrier ne tarderait pas à parler de surveillance policière s'il devait se faire inscrire sur des registres administratifs, comme il ne tarderait pas à penser ou à dire que les employés de l'administration, chargés de la tenue des registres d'inscription, seraient toujours en mesure de faire, dans un but quelconque, des tours de faveur, qu'ils ne présenteraient pas l'offre à la demande selon l'ordre d'inscription, il serait préférable d'établir sur les murs des locaux d'embauchage, des cadres de demandes et d'offres d'emploi semblables à ceux que l'administration préfectorale vient de faire apposer à la porte des mairies.

Plusieurs locaux chauffés et éclairés, pour l'embauchage, des cadres spéciaux, pour l'affichage des demandes et des offres d'em-

ploi ; voilà, tout ce qu'on peut pratiquement réclamer de l'administration, en faveur du placement des travailleurs. Un palais des chambres syndicales ouvrières géré *exclusivement* par les ouvriers, serait absolument superflu, les patrons s'y adresseraient encore moins volontiers qu'au siège des syndicats non subventionnés.

Les institutions de placement doivent avoir un caractère de neutralité absolue que, les syndicats patronaux ou ouvriers, les œuvres purement patronales ou ouvrières ne possèdent pas. Ceux qui demandent dans les congrès ouvriers, « la suppression des bureaux de placement et leur remplacement par les bureaux des syndicats », savent fort bien que les patrons ne recourraient pas à ces bureaux.

Pour le placement des ouvriers, il faut des services annexés aux Sociétés de secours mutuels qui comptent des patrons comme membres honoraires et dans leur conseil d'administration ou, plutôt, il faut des Sociétés spéciales gérées et alimentées par les patrons et les ouvriers. Il n'est pas d'œuvres prêtant mieux au rapprochement du patron et de l'ouvrier, tous deux intéressés, quoique à des degrés différents, à améliorer les modes actuels d'embauchage. Mais, pour vivre, elles doivent, étroitement circonscrire leur action au placement, écarter systématiquement les questions irritantes que les syndicats professionnels ont, d'ailleurs, pour mission de traiter. Ces sociétés sont particulièrement utiles dans les grandes villes. Dans les localités où des industries similaires sont concentrées et où les ouvriers vivent côte à côte, l'embauchage s'opère assez aisément pour qu'on puisse se dispenser d'en créer. Et, dans les centres où une même industrie s'exerce sur des points très éloignés les uns des autres, dans divers centres miniers et métallurgiques, par exemple, c'est, plutôt par la publicité, que par des Sociétés de placement, qu'il convient de favoriser l'embauchage des ouvriers.

Une bourse du travail, telle qu'on la conçoit du moins dans notre pays, ne serait pas plus apte à établir cette publicité qu'à s'occuper du placement.

Actuellement, les statisticiens officiels sont impuissants à fournir une statistique des salaires digne de quelque créance, et cela se conçoit. Ils donnent, annuellement, des prix de la journée de travail, résultant de moyennes prises on ne sait comment, d'indications

recueillies on ne sait où, sans tenir compte des suppléments de salaires tels que les primes et les secours, sans apprécier la valeur des allocations en nature etc., etc. Que pourraient donner de mieux le secrétaire Général et les cinq chefs de section chargés de dresser les mercuriales hebdomadaires des salaires dans la bourse du travail projetée à Paris?

Que pourrait faire de mieux un service quelconque de renseignements dépendant du ministère du Commerce? Dans une lettre qu'il adressait à la commission des Quarante-quatre, un inspecteur départemental du travail des enfants dans l'industrie, M. le Dr Dubuisson exposait que si l'état intervenait à l'aide du service d'inspection du travail des enfants, réorganisé, complété, il serait aisé de fournir l'ensemble des renseignements attendus des bourses du travail. « Centralisez ce service au ministère du Commerce disait-il, donnez-lui des moyens de publicité, et vous aurez créé, j'en suis convaincu, une des institutions les plus capables de venir actuellement en aide aux travailleurs et à l'industrie. » Peut-on le croire, quand on voit que ce service ne parvient pas à dresser la statistique des industries occupant des enfants soumis à la loi du 19 mai 1874 ni même, celle des accidents dont les enfants sont victimes? Réduits à attendre du bon vouloir des patrons et des ouvriers, les renseignements qu'ils auraient pour mission de fournir, les agents de l'État ou de la commune seraient singulièrement exposés à en recevoir d'erronés et d'incomplets ou même à n'en pas recevoir. Selon la source à laquelle ils auraient puisé, ils indiqueraient des maximums et des minimums de salaires, ou bien, assez souvent, ils reproduiraient les chiffres des séries de prix de la ville de Paris ou des tarifs adoptés dans certaines industries.

Rarement, ils donneraient le prix nominal du salaire, prix compris entre ceux qu'indiqueraient l'offre et la demande et qui se détermine après constatation de l'habileté professionnelle de l'ouvrier. Plus rarement encore, ils seraient en mesure de signaler les salaires réels. Les patrons, qu'on ne sait comment écarter de la bourse projetée à Paris et qui, en général, trouvent plus d'inconvénients que d'avantages à l'établissement d'une publicité du travail ne leur préteraient qu'un concours insuffisant. Un certain nombre d'ouvriers, une fois embauchés, feraient de même, soit pour éviter des reproches de leur corporation ou ne pas déprécier

le prix du travail, lorsqu'ils auraient accepté des rabais, soit par crainte de favoriser la concurrence entre travailleurs.

Les ouvriers qui, faute de renseignements, ne pourraient quitter les points où ils chôment, ceux qui se déplaceraient sur la foi de renseignements inexacts et, même, de renseignements exacts qu'ils auraient mal interprétés ou qui se seraient modifiés au cours de leur déplacement, accuseraient hautement la commune ou l'État de tous les maux qu'ils pourraient endurer. Ainsi que le disait justement M. Cheysson : « Quelle responsabilité pour l'organisation administrative qui aurait émis ces renseignements ! Quels ressentiments contre l'État et quels dangers pour la paix publique. »

La commune ou l'État doivent se garer avec soin d'assumer la responsabilité d'une tâche qu'ils sont, pertinemment, incapables de bien remplir et se borner, en vue de favoriser les transactions sur le travail, à réduire le plus possible les impôts qui grèvent les transports des voyageurs, à encourager les ouvriers à épargner pour les jours de chômage, à appliquer avec la plus stricte impartialité les mesures libérales dont le législateur a pu doter le monde du travail.

Pourquoi, d'ailleurs, sans parler de la masse des contribuables les patrons payeraient-ils impôt pour loger des syndicats qu'ils considèrent comme des coalitions permanentes dirigées contre eux ? Pourquoi subventionneraient-ils une publicité qu'ils redoutent ? Les bourses de commerce sont créées et administrées aux frais des commerçants ou des financiers qui en usent !

Que les ouvriers s'affilient en plus grand nombre aux syndicats et aux unions de syndicats qu'ils ont le droit de fonder en vertu de la loi du 21 mars 1884 et ils pourront, à l'aide de très faibles cotisations, se passer de tout concours, soit pour loger convenablement ces associations, soit pour établir une bonne publicité du travail. Les unions, telles que la Société générale des chapeliers de France, qui compte environ 4,000 membres, et la Fédération typographique française, qui en compte environ 7,000, répartis entre 70 Chambres syndicales, trouvent les ressources nécessaires pour entretenir des journaux destinés à soutenir les revendications de leurs membres. Avec un bien léger supplément de peine et de dépenses, de semblables unions pourraient employer leurs journaux

à signaler les conditions du travail et de l'existence dans les divers centres industriels de France et de l'étranger.

Si, donc, le marché du travail est encore dénué d'organes ou de services de publicité, les ouvriers ne doivent s'en prendre qu'à eux-mêmes, à leur manque de sentiments confraternels, aux erreurs qu'ils professent à l'égard de la concurrence, à l'apathie de la plupart d'entre eux pour les questions qui les intéressent le plus directement. Aussi longtemps qu'ils ne modifieront pas leurs sentiments, leurs idées, leur manière d'être, il ne serait que dangereux de suppléer à leur inaction. Quand au contraire, ils rompront avec les errements qui les poussent à faire l'ombre sur les conditions du travail, ce serait pour le moins superflu. Difficile, sinon impossible à établir exactement d'une manière générale, à l'aide d'agents salariés par la commune ou l'État, la publicité du travail s'établirait, au mieux dans chaque corps de métier, avec le seul concours de ses membres.

En résumé, la commune ou l'État n'ont ni pour rôle, ni pour devoir de s'occuper directement du placement des ouvriers et de l'établissement d'une publicité de travail. Si les ouvriers veulent remédier aux inconvenients des modes de placement en vigueur, ils doivent tenter de fonder, avec le concours des patrons, des Sociétés spéciales de placement et, s'ils veulent être éclairés sur la situation des marchés du travail, ils doivent, à l'aide des syndicats, établir des organes corporatifs de publicité.

CHRONIQUE

Sommaire. — Fabrication et essais des plaques de blindage (*suite*). — Essais de puissance et de consommation sur des locomotives. — Traction mécanique des bateaux sur les canaux. — Résistance à la traction sur tramways. — Concours de chronomètres.

Fabrication et essais des plaques de blindage *(suite)*.— Voici de quelle manière se comportent, d'après le capitaine Orde Browne les différentes espèces de blindages sous l'action des projectiles.

Le fer cède au point seulement où le choc se produit; il se fait un trou et le reste de la plaque n'est point endommagé, sauf qu'il se produit, sur la face opposée, des fentes en forme de croix ou d'étoile dont le centre est le point frappé par le projectile.

Les plaques mixtes se fendent suivant des lignes rayonnant autour du point frappé. Si la plaque est mal appuyée, elle se cintre sous le coup et parfois il arrive que la pointe du projectile arrive à paraître à la face postérieure. Mais si la plaque est bien soutenue, elle est réduite en morceaux sans qu'aucun projectile la traverse. En plus des fentes rayonnantes, il s'en produit souvent de concentriques.

Les plaques d'acier, telles qu'elles se font au Creusot, bien qu'un peu moins dures à la surface que les plaques compound, ont beaucoup plus de rigidité.

Elles se laissent plus facilement entamer, tout d'abord par la pointe du projectile; mais, même étant mal appuyées, elles résistent bien à la pénétration totale. S'il s'y produit des fentes rayonnantes, il ne s'en fait jamais de concentriques, ce qui est très important.

Les plaques en fonte Gruson ont une très grande rigidité. Elles ne se laissent pas pénétrer même de deux ou trois centimètres par la pointe du projectile. Le choc se transmet dans toute la plaque et, s'il est assez énergique, amène la rupture de la plaque. Ces plaques doivent, pour résister, avoir de très grandes masses et surtout présenter des surfaces obliques, ce qui est du reste un des principes du système Gruson. La rupture se produit par des fentes rayonnant autour du point frappé.

Si on laisse de côté les plaques de fer et celles de fonte coulée en coquille dont la résistance est aujourd'hui reconnue insuffisante, on peut établir comme suit la différence entre les plaques d'acier et les plaques mixtes au point de vue de l'effet du tir.

Lorsqu'une plaque épaisse d'acier est complètement perforée, le trou

est rarement plus grand que le diamètre du projectile qui opère comme un poinçon, il se produtt des fentes rayonnant autour du trou.

Dans la plaque compound, il se produit en outre des fentes concentriques qui déterminent une ouverture circulaire de diamètre beaucoup plus grand que celui du projectile et allant en augmentant vers la face opposée de la plaque, de manière à affecter la forme d'un tronc de cône.

De plus, si la plaque n'est pas appuyée d'un manière très rigide, elle se cintre sous l'effet du choc ; aussi la pose des plaques et celle du matelas sur lequel elles sont fixées a-t-elle une beaucoup plus grande importance pour les plaques compound que pour les plaques d'acier, ce qui est encore un argument en faveur de ces dernières.

Dans la plaque compound, la face en acier à 0,7 0/0 de carbone a pour effet de déformer ou de briser le projectile qui la frappe, tandis que la partie en fer la maintient ; il ne faut pas compter sur la résistance à la pénétration de la face en fer si l'acier est perforé. On compte évidemment sur la grande dureté que l'on peut donner à la partie acier, mais la réunion des deux plaques offre une certaine incertitude.

Les plaques Schneider contiennent environ 0,4 0/0 de carbone et sont trempées avec soin. L'extérieur est un peu plus dur que l'intérieur dans le but de donner plus de résistance à la pénétration, mais cette différence de dureté doit être très faible pour que la résistance soit sensiblement uniforme dans les diverses parties de la plaque et assure une cohésion parfaite de la masse entière.

Les plaques compound peuvent résister à des projectiles de qualité inférieure, mais elles deviennent insuffisantes à mesure que la fabrication des projectiles se perfectionne. Or, Whitworth en Angleterre et Jacob Holtzer en France, en produisent actuellement d'excellents; ces derniers sont en acier au chrome.

Le mode de fabrication des plaques compound comporte de graves difficultés et le joint des deux parties est toujours plus ou moins problématique, surtout si la plaque doit être cintrée, ce qui tend à les disjoindre. Il y a d'ailleurs une considération qui ne doit pas être oubliée, c'est que, dans le tir vertical ou en mortier, le blindage d'un navire peut se trouver attaqué occasionnellement par la face arrière des plaques, laquelle face n'offre qu'une résistance absolument insuffisante, de sorte que la plaque serait percée de dedans en dehors.

Aucun de ces inconvénients ne se présente avec les plaques d'acier dont le mode de fabrication est simple et certain, à condition d'avoir un matériel de puissance suffisante.

Nous avons dit qu'une question importante était la manière de fixer les blindages, car le tir n'a pas pour but uniquement de perforer les plaques, mais aussi de disloquer et détruire l'ensemble du blindage de manière à laisser ensuite le fort ou le navire sans défense. Les bou-

lons d'attache doivent donc non seulement maintenir les plaques, mais encore résister aux vibrations et s'opposer au gondolement des plaques sous le choc des projectiles. Le meilleur procédé consiste à employer des vis pénétrant dans les plaques sans arriver à la face extérieure et assez nombreuses pour maintenir en place les divers fragments, au cas où la plaque viendrait à se briser. Avec les plaques compound, comme la face intérieure est en fer laminé et non homogène, les vis doivent pénétrer plus profondément que dans les plaques d'acier. On emploie dans ce cas moins de boulons et on leur donne un plus fort diamètre.

L'Amirauté anglaise n'emploie encore que des plaques compound, bien que toutes les expériences récentes aient affirmé la supériorité des plaques Schneider.

L'opinion de l'amiral Simpson, de la marine des États-Unis, qui a consacré la plus grande partie de sa carrière à l'étude des questions d'artillerie, est entièrement en faveur de l'acier, à condition que les plaques soient forgées, comme on le fait au Creusot, et non simplement coulées, comme on l'a proposé, ce qui ne lui paraît présenter aucune garantie contre le choc d'un projectile moderne.

Dès les premiers essais de blindage des navires, on a reconnu que la résistance d'une plaque d'une seule pièce était de 33 0/0 supérieure à celle de la même épaisseur de tôles de 25 millimètres superposées; mais, lorsqu'on fut arrivé à faire des plaques de $0^m,30$ d'épaisseur, on pensa qu'il était bon d'en rester là pour garantir la régularité de la fabrication et on fit des expériences avec des plaques de cette épaisseur superposées. Les résultats furent beaucoup meilleurs que ceux qu'on avait obtenus avec la superposition de plaques minces, mais on éprouva de grandes difficultés à assurer la solidarité des diverses plaques, surtout si celles-ci devaient avoir des surfaces courbes. On vint alors à l'emploi des plaques, dites sandwich, avec interposition de bois entre les deux plaques. Cette disposition réussit pour les fortifications de terre, mais non pour les navires où le volume et le poids sont à considérer. Les expériences de la Spezzia en 1876 ont prouvé que les plaques en acier forgé du Creusot étaient supérieures aux plaques de fer d'une seule pièce ou superposées, de sorte qu'on a renoncé à l'emploi des blindages en fer pour les navires et qu'on y renoncera plus tard également pour les forts.

L'armure en fonte ne paraît pas avoir plus d'avenir.

On a souvent expérimenté les plaques compound depuis 1876 où leur fabrication s'est développée en Angleterre.

En 1880, le gouvernement français fit à Gavre des essais comparatifs entre une plaque Cammell et une plaque Schneider. On constata une certaine supériorité en faveur de la première; mais, malgré le résultat, on commanda une armure complète des deux systèmes et les essais faits

sur des plaques appartenant à ces armures indiquèrent une supériorité manifeste de l'acier.

De même, en 1882, le gouvernement russe fit expérimenter à Ochta, près Saint-Pétersbourg, une plaque Cammell et une plaque Schneider ; comme à Gavre, la plaque compound eut l'avantage, mais on reconnut que la plaque d'acier n'était pas de qualité suffisante.

C'est sur ces deux essais que les Anglais s'appuyent pour invoquer la supériorité de l'armure compound et pour la conserver sur leurs cuirassés.

En novembre 1882 eurent lieu les essais célèbres de la Spezia où on employa un canon de 100 tonnes.

Les plaques concurrentes étaient des plaques mixtes de Cammell et de Brown et une plaque d'acier du Creusot. Chaque plaque avait $3^m,30$ de longueur sur $2^m,60$ de largeur et $0^m,48$ d'épaisseur. On tirait avec une charge de poudre de 150 kilogrammes et un projectile de 450 kilogrammes.

Au second coup, la plaque Cammell se brisa en six morceaux qui, à l'exception d'un seul, furent détachés de la cible

Au second coup également, la plaque Brown fut brisée et détachée de la cible.

Au troisième coup, une partie du centre de la plaque Schneider fut brisée et le quart supérieur de droite déplacé. On conclut à la supériorité de cette dernière plaque qui avait supporté intacte les deux premiers coups.

Des essais ont été faits également par le gouvernement danois au polygone de l'île d'Amager, près de Copenhague. Il y avait quatre concurrents : Schneider, Brown, Cammell et Marrel frères ; ces derniers présentaient une plaque compound du même type que la plaque Cammell. Ces plaques avaient $1^m,50$ de largeur sur 2 mètres de longueur ; l'épaisseur était de $0^m,23$; elles étaient fixées par des boulons sur un matelas de chêne de même épaisseur avec des cornières de liaison et le tout était fortement appuyé sur des charpentes en bois de chêne.

On s'est servi d'un canon Krupp de $0^m,15$ et d'un canon Armstrong de $0^m,25$; le premier avec une charge de poudre de 20 kilogrammes et un projectile de 50, et le second avec une charge de 31 kilogrammes et un projectile de 182.

On tira sur chaque plaque un coup du canon de $0^m,15$; le résultat fut le même pour les quatre ; le projectile se brisa, laissant sa pointe engagée dans la plaque. Quant aux plaques, elles éprouvèrent plus ou moins de fissures, l'ordre de mérite étant Brown, Cammell, Schneider et Marrel.

Les premiers coups du canon de $0^m,25$ brisèrent la moitié gauche de la plaque Schneider et traversèrent complètement les autres plaques. Le

mauvais résultat de la première était dû évidemment à la fragilité du métal et à des circonstances particulières (1).

Résumant les résultats de ces divers essais, l'amiral Simpson fait remarquer que l'échec de l'acier a toujours été dû à sa fragilité et que, toutes les fois que cette cause d'infériorité a pu être écartée, les résultats ont affirmé la supériorité de ce métal. Il y aurait donc encore à assurer l'uniformité de qualité de la matière.

Les nouvelles commandes de plaques d'acier faites au Creusot par le gouvernement français semblent indiquer une confiance suffisante dans les progrès de la fabrication.

Les essais faits en 1883 sur les plaques du *Furieux* et ceux faits en 1884 sur celles de l'*Amiral Baudin* indiquent, du reste, des progrès marqués réalisés dans l'intervalle de ces deux dates.

Au premier essai le second coup détermina des fentes et le troisième amena la rupture de la plaque en deux parties, qui d'ailleurs restèrent en place, tandis que, dans les essais de 1884, le troisième coup seul détermina un commencement de fissure très léger d'ailleurs.

(A suivre.)

Essais de puissance et de consommation sur des locomotives. — Les essais de puissance et de consommation effectués sur des locomotives sont assez rares pour qu'il soit intéressant de les reproduire.

Nous allons donner les résultats des expériences faites en 1882 par M. Middelberg sur des machines à voyageurs des chemins de fer néerlandais. Ces essais, bien que remontant déjà à plusieurs années, n'ont été publiés que récemment dans l'*Organ*.

Les machines expérimentées ont six roues dont quatre accouplées ; les dimensions principales sont :

Diamètre des cylindres.	0m,4[illegible]
Course des pistons.	0m,[illegible]
Diamètre des roues	1m,362
Surface de chauffe.	102,5
Surface de grille	1m,82
Pression à la chaudière	10 kilogr.

Les expériences ont été faites entre Amsterdam et Rotterdam et *vice versa*.

(1) Les conclusions de la Commission danoise ont soulevé de vives réclamations ; la position des plaques sur la cible avait été tirée au sort, parce que les plaques extrêmes ne devaient être tenues que par un de leurs côtés. On conviendra *a priori* que le sort n'a rien à faire dans ce genre d'essais et qu'il y a eu erreur dans le plan arrêté à Copenhague ; le mode d'attache des plaques de la cible a une telle importance qu'il est difficile de se rendre compte des raisons qui ont fait adopter aux Danois les dispositions défectueuses mises en pratique à Amager. (*Questions Maritimes*, par Em. Weyl, lieutenant de vaisseau en retraite.)

On mesurait l'effort de traction au moyen d'un dynamomètre Holz. Les quantités de combustible et d'eau étaient mesurées directement.

Nous résumons les résultats les plus intéressants obtenus dans ces essais dans le tableau suivant :

DATES	POIDS		VITESSE EN KILOMÈTRE A L'HEURE	RÉSISTANCE MOYENNE PAR TONNE DE TRAIN REMORQUÉ	TRAVAIL COMPTÉ A LA JANTE DES ROUES MOTRICES	CONSOMMATION D'EAU			CONSOMMATION DE CHARBON	
	DE LA LOCOMOTIVE ET DU TENDER	DU TRAIN TOTAL				PAR CHEVAL EFFECTIF	PAR KILOGRAMME DE COMBUSTIBLE	PAR MÈTR CARRÉ DE SURFACE DE CHAUFFE	PAR CHEVAL EFFECTIF	PAR MÈTRE CARRÉ DE SURFACE DE GRILLE
Mars 13	57	207	67	7.7	210	17	4.76	30.3	2.41	385
— 13	57	112	65	—	—	—	6.71	27	—	230
— 14	57	207	67	6.9	195	19.3	5.51	33.5	2.32	345
— 14	57	127	65	—	—	—	7.42	28.9	—	230
— 17	57	207	70	7.7	211	18.8	5.38	36.5	2.41	385
— 17	57	112	66	—	—	—	6.38	26.1	—	230
Avril 3	57	207	62	6.8	183	25.3	—	38.6	2.76	380
— 3	57	112	62	12.4	143	21	7.03	34	1.57	275
— 11	57	207	56	7.7	186	19.8	6.05	27	1.77	250
— 11	57	202	56	7.3	157	25.5	6.65	30	2.10	255

Les variations assez considérables de l'effort par tonne de train remorqué sur un même profil tiennent à l'influence du vent qui souffle sans obstacle sur ces régions plates. La pression du vent a été mesurée et a varié de 1,5 à 24,5 kilogr. par mètre carré. On voit que les dépenses d'eau et de combustible sont généralement assez considérables par rapport au travail développé. On peut l'attribuer à ce que ce travail était en moyenne un peu fort pour les dimensions de ces machines ; aussi de nouvelles locomotives ont-elles été faites depuis par Borsig, de Berlin, pour le même service. Ces nouvelles machines ont des cylindres de 0^m456 de diamètre et 0^m660 de course, des roues de 2^m140 ; la surface de grille est de 2^m09 et la surface de chauffe de 114 mètres carrés. Ces machines possèdent un échappement de forme annulaire à section fixe.

Traction mécanique de bateaux sur les canaux. — Les *Annales de l'Association des Ingénieurs sortis des Écoles spéciales de Gand* contiennent une notice de M. de Schriver, Ingénieur des Ponts et Chaussées de Belgique, sur un système de traction des bateaux par câble marcheur dû à M. Rigoni et dont l'application se fait en ce moment sur une certaine échelle.

Ce système est basé sur l'emploi d'un câble animé d'un mouvement continu, auquel les bateaux peuvent s'amarrer à volonté pour se faire remorquer dans les deux sens.

Ce câble est sans fin; il est en acier, a 20 millimètres de diamètre et est supporté de distance en distance par des galets établis le long des berges du canal.

Les machines motrices distantes l'une de l'autre, de 6 à 8 kilomètres, mettent en mouvement de chaque côté une section de câble de 3 à 4 kilomètres. On peut compter pour ces machines sur une force de 20 chevaux, pour obtenir un service régulier sur un canal ordinaire, avec un trafic de 500,000 tonnes par an.

Les bateaux à traîner s'accrochent au câble au moyen d'une attache spéciale ou pince et sont traînés à la vitesse de translation du câble. Arrivés au bout d'une section, les bateaux se décrochent pour se raccrocher immédiatement à la section de câble suivante et cette manœuvre s'opère sans arrêter la marche du câble. Les galets sont destinés non seulement à soutenir le câble, mais encore à le diriger dans les courbes que fait le canal. En général ces galets sont fixés sur des pieux battus au pied des berges et la ligne de câble se trouve à un mètre environ au-dessus du niveau de l'eau; ils ont $0^{m}40$ de diamètre.

Le câble étant sans fin traverse le canal à chacune des extrémités d'une section. Cette traversée peut se faire au moyen d'une conduite établie sous le plafond du canal, ou bien au moyen d'un passage supérieur établi à plusieurs mètres au-dessus du niveau de la flottaison. De grandes poulies de renvoi donnent au câble les inflexions voulues pour pouvoir effectuer convenablement les traversées.

Pour donner une certaine tension au câble et pour parer à l'effet des variations de température, on emploie un tendeur formé d'une poulie de renvoi montée sur un chariot mobile sur des rails; des contrepoids, retenus par une chaîne et plongeant dans un puits, donnent la tension au câble; cet appareil porte un frein hydraulique formé d'un piston plongeant dans un cylindre plein d'eau, avec un certain jeu autour; le but de ce frein est d'obvier aux mouvements brusques du chariot que produiraient les variations de tension éprouvées par le câble, lorsque des bateaux viennent à s'accrocher et à se décrocher.

Une partie intéressante est la pince avec laquelle les bateaux s'accrochent au câble marcheur. M. Rigoni en a employé plusieurs systèmes; on peut les classer en deux groupes : les appareils qui em-

brassent simplement le câble sans le serrer et qui s'appuient contre les arrêts fixés au câble de distance en distance et les appareils serrant le câble d'après la volonté du batelier, sans avoir besoin d'aucun point d'appui pour rester fixés au câble. Les pinces du premier groupe, dont on trouvera une description succincte dans le mémoire de M. l'ingénieur de Schriver, sont des appareils très solides qui ont fonctionné régulièrement pendant les essais faits sur la troisième section du canal de jonction de la Meuse à l'Escaut à Grobbendonck et sur le canal Saint-Martin à Paris; il est arrivé toutefois que les arrêts en forme de garniture ménagés de distance en distance sur le câble pour servir de point d'appui aux pinces s'usaient trop vite. De plus, les bateliers ne pouvaient ralentir leur marche sans être obligés de laisser tomber la pince, ce qui les mettait dans la nécessité de descendre trop souvent de leur bateau pour se raccrocher au câble marcheur.

Les pinces du second groupe ne présentent pas cet inconvénient. Le modèle le plus perfectionné imaginé par M. Rigoni se compose d'un tube dans lequel une ouverture heliçoidale permet de faire entrer le câble; sur ce tube est monté un levier dont une extrémité serre le câble sous l'action d'un effort exercé sur l'autre extrémité. Cette forme permet à la pince de passer sans difficulté sur les poulies et galets.

La mise en marche des bateaux se fait progressivement en laissant filer graduellement la corde de halage sur un glisseur composé de deux bittes tournantes montées sur des arbres qui ne se trouvent pas parfaitement dans le même plan vertical; cette disposition a pour but d'éviter la superposition des brins de la corde dans le déroulement. Le mouvement de rotation des bittes est modéré par un frein à friction.

Par précaution, dans les canaux où on craint l'existence de hauts-fonds qui pourraient entraîner l'échouage des bateaux, on intercale entre la pince et la corde de halage un appareil de sûreté, sorte de dynamomètre, qui produit le décrochage automatique de la corde dès que l'effort de traction dépasse une limite prévue.

Par arrêté ministériel du 16 mars 1882, M. l'ingénieur Rigoni a été autorisé à faire l'essai de son système sur une partie de 4 kilomètres de longueur du canal de jonction de la Meuse à l'Escaut, afin de pouvoir juger des avantages ou des inconvénients qu'il présenterait pour la navigation.

Cet essai a démontré les points suivants :

1° Qu'un câble d'une longueur considérable peut être mis en mouvement d'une façon continue le long des berges du canal sans présenter aucun inconvénient;

2° Que ce câble peut conserver un mouvement uniforme et une tension régulière, alors que des résistances telles que celles résultant de l'entraînement des bateaux se produisent ou cessent de se produire en un point quelconque ;

3° Que l'accrochage des bateaux au câble marcheur peut se faire d'une façon pratique ;

4° Que la mise en marche des bateaux accrochés au câble marcheur peut se faire doucement sans produire aucun choc ;

5° Enfin que les détails de construction ne présentent aucune complication.

A la suite des résultats constitués ci-dessus, le département de l'Intérieur a accordé par arrêté royal du 14 juillet 1883 à M. Rigoni la concession de l'exploitation du système de traction mécanique sur la troisième section du canal de jonction de la Meuse à l'Escaut entre Anvers et Herenthals.

Les frais de premier établissement du système de traction Rigoni varient, d'après les conditions locales, entre 6,000 et 7,000 francs par kilomètre.

Les frais d'exploitation proprement dits, comprenant le combustible, les mécaniciens, les garde-lignes, le graissage, l'entretien et l'amortissement du matériel, s'élèvent à 1,000 francs par an et par kilomètre exploité.

La vitesse de marche des bateaux traînés par le câble marcheur ne pourra dépasser sur la troisième section du canal de jonction de la Meuse à l'Escaut 4 kilomètres à l'heure. Cette vitesse correspond à un parcours de 50 kilomètres par jour, avec une navigation journalière de 12 heures et demie.

Le prix pour la traction que demanderait M. Rigoni au batelage sur la troisième section du canal de jonction de la Meuse à l'Escaut est évalué à 6 millimes par tonne-kilomètre. Le prix moyen payé actuellement pour la traction par chevaux dans ce canal est de 7 et demi millimes par tonne-kilomètre.

Sur le canal de Charleroi, ce prix est de 8,22 millimes, sur le canal de Terneuzen de 13,65 millimes, sur le canal de Louvain de 6 millimes et sur le canal de Willebroeck où la traction s'opère au moyen de toueurs Bouquié, ce prix est de 5,83 millimes.

Résistance à la traction sur tramways. — M. A.-W. Wright a fait à la *Western Society of Engineers* une communication sur la résistance des voitures de tramways qui contient des chiffres intéressants.

Les expériences ont été faites au moyen du dynamomètre Fairbanks. Sur les tramways à traction de chevaux de Chicago, la vitesse est de 14,5 kilomètres à l'heure. La durée des chevaux, qui était auparavant de 4 ans seulement, a été portée, depuis la réfection du pavage, à 5 ans, ce qui est la durée moyenne sur les principaux tramways des États-Unis.

Sur les vieux rails usés des tramways Nord de Chicago, la résistance d'un car pesant, avec sa charge moyenne de 14,8 voyageurs,

3,070 kilogrammes a été trouvée de 50 kilogrammes en nombre rond, ce qui représente 16,2 kilogrammes par tonne, à la vitesse de 8 kilomètres à l'heure, arrêts compris. Sur des rails d'acier neufs d'une autre section des mêmes tramways, la résistance s'est trouvée réduite à 27,2 kilogr., soit 8,8 kilogr. par tonne. L'effort pour amener le car de l'état de repos à sa marche normale a été, dans les deux cas, respectivement de 61 et 52,8 kilogr. par tonne. C'est une moyenne et le plus grand effort constaté au démarrage s'est élevé à 128,4 kilogr. par tonne.

Le travail moyen exercé par les deux chevaux d'un attelage est de 1,208 cheval vapeur, ce qui donne 0,604 pour chacun.

Les chevaux font en moyenne 138 minutes seulement de travail journalier, dont 13,22 d'arrêt; reste 124,75 minutes de marche réelle; ce chiffre se décompose encore en 116,87 minutes de travail normal et 7,88 minutes de travail extraordinaire (démarrage).

M. D.-K. Clark, dans son ouvrage sur les tramways, estime à 9,2 kilogr. (20 livres) par tonne la résistance des voitures de tramways, en indiquant que cette résistance s'élève parfois au double. Tresca a trouvé 6,90 kilogr. pour des voitures n'ayant de boudins qu'aux roues d'un seul côté. il s'agit dans les deux cas de rails à ornières.

Aux tramways à câble de Chicago, M. Holmes estime que le travail total développé par les machines motrices étant de 446 chevaux et le travail absorbé par la mise en mouvement du câble et des appareils mécaniques de 388, la différence répartie sur 240 voitures pesant chacune 2,700 kilogr. à vide et 5,000 en charge, la vitesse moyenne étant de 14,5 kilomètres à l'heure, donne un travail de 88/240 = 0,367 de cheval par voiture, ce qui donne un effort de 7 kilogr. en nombre rond pour chaque voiture, soit 1,4 kilogr. par tonne. Une résistance aussi faible est certainement inadmissible et indique quelque erreur d'observation ou de calcul. Nous avons d'ailleurs eu à signaler une erreur de ce genre au sujet de la traction mécanique sur le pont de Brooklyn.

Dans d'autres expériences sur les tramways à câble de Chicago M. Miller a trouvé 5 kilogr. par tonne pour la résistance, chiffre plus que triple de celui de M. Holmes et qui est beaucoup plus vraisemblable.

Concours de chronomètres. — La Société des Arts de Genève a institué depuis plusieurs années un concours actuel de chronomètres. Nous trouvons dans le rapport sur le concours de 1884 des chiffres qui permettent de se rendre compte de la perfection qu'a atteinte la fabrication des chronomètres.

Pendant l'année 1884, 529 pièces d'horlogerie ont été vérifiées et, sur les 183 qui rentraient dans la catégorie des chronomètres réalisant les conditions exigées pour le concours, 112 ont obtenu un bulletin de marche très satisfaisant; sur ces 112, 34 ont obtenu un nombre de points suffisant pour mériter une récompense,

L'erreur de marche moyenne d'un jour à l'autre de ces 112 pièces a été de 0″408, contre 0″425 en 1883.

Celle correspondante à un changement de position a été de 1″58 contre 1″653 en 1883.

L'erreur de compensation par degré du thermomètre a été de 0″112, même chiffre qu'en 1883.

Dans ce concours de chronomètres, la valeur relative des diverses pièces exposées est exprimée par un chiffre qui représente la somme des bons points obtenus par chacune, le chiffre maximum étant 300, chiffre qui ne pourrait être atteint que par une montre absolument parfaite, c'est-à-dire idéale.

Cette année un chronomètre a obtenu 230,6 points, chiffre qui jusqu'ici n'avait été dépassé qu'une seule fois, au concours de 1881 où un chronomètre avait atteint 232 points.

Pour faire comprendre aux personnes non initiées aux difficultés que présente le réglage des chronomètres et qui s'égarent facilement au milieu de chiffres représentant des fractions de secondes, M. le colonel Gautier, directeur de l'Observatoire, a eu recours à l'explication suivante, très simple et très claire.

Une montre qui bat 5 fois dans une seconde fait 432,000 tic tac par jour. Or, les exigences actuelles du concours chronométrique sont telles qu'une montre qui ferait 4 tic tac de plus ou de moins par jour, pendant 45 jours, serait exclue du concours. Eh bien, dans les pièces primées, il s'en trouve qui ne font qu'un tic tac de plus ou de moins que le nombre normal.

Ces résultats n'indiquent pas seulement une construction très soignée, mais ils démontrent surtout une habileté et une précision extraordinaire de la part des régleurs.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

Mai 1886

Rapport de M. Prunier sur un **appareil pour la recherche du grisou et la vérification des lampes de sûreté** par M. Lechien.

M. Lechien, qui s'occupe avec persévérance des problèmes qui se rattachent à la question du grisou, a combiné un petit appareil composé, comme le *détector* de M. Garforth, d'une poire en caoutchouc communiquant avec un tube circulaire en laiton percé de trous ; mais le diamètre du cercle est tel que le tube puisse s'engager à l'extérieur de la lampe Mueseler jusqu'à la base de l'enveloppe de toile métallique ; il est alors facile d'envoyer, par compression, le contenu de la poire en caoutchouc aussi directement que possible sur la flamme de la lampe. On peut ainsi apprécier la nature des gaz recueillis dans diverses parties des galeries, par leur effet sur la flamme de la lampe.

Rapport de M. Berard sur l'**ébullioscope différentiel** de M. Amagat.

On appelle *ébullioscope* des appareils servant à mesurer le titre alcoolique d'un liquide par l'examen de son point d'ébullition, compris entre 78 et 100 degrès.

Jusqu'ici les appareils de ce genre n'ont eu qu'une seule chaudière et un seul thermomètre et l'expérience comprenait deux opérations. La première a pour objet de déterminer le *point d'eau*, c'est-à-dire la hauteur à laquelle s'élève la colonne mercurielle du thermomètre dont la boule plonge dans la vapeur d'eau bouillante. La seconde opération fait la même chose pour la vapeur du liquide dont on cherche le titre.

M. Amagat a eu l'idée de disposer sur le même foyer deux chaudières jumelles, l'une pour l'eau, l'autre pour le liquide alcoolique ; deux

thermomètres donnent simultanément, d'un seul coup d'œil, les points d'ébullition des deux liquides. Disons ici que la détermination du point d'eau a pour objet d'éviter les erreurs provenant des variations de la pression atmosphérique. L'appareil Amagat donne une garantie d'exactitude en ce qu'on est sûr que l'expérimentateur ne néglige pas la constatation du point d'eau, comme cela peut arriver avec les ébullioscopes ordinaires.

Rapport de M. BLAVIER sur le **câble électrique inoxydable avertisseur automatique d'incendie**, de M. HUTINET.

Le câble de M. Hutinet comprend deux fils de cuivre rouge fortement étamés enveloppés de gutta-percha. Lorsque le câble est exposé à une flamme, les enveloppes brûlent et l'étain de l'étamage en fondant établit entre les deux conducteurs des communications électriques qui font marcher une sonnerie d'alarme.

Ces câbles, dont le diamètre ne dépasse pas 2 à 3 millimètres, peuvent se dissimuler facilement dans les tentures, rideaux, derrière les meubles, etc.

Rapport de M. ÉDOUARD SIMON sur le **tapis parisien** de M. DUQUESNE.

C'est un nouveau genre de tissu dans lequel le fabricant s'est proposé d'allier à la solidité des tapis d'Orient le bas prix relatif des moquettes. Le fond du tissu comporte deux chaînes végétales (lin, chanvre ou coton) dont l'une est rectiligne et l'autre sinueuse, cette dernière serpentant autour de la première, tantôt de gauche à droite, tantôt de droite à gauche. Ces enlacements alternatifs sont fixés par une trame, dite de liage, de même nature que les chaînes. Le poil qui, dans ce cas, est en laine, évolue comme la chaîne de tour végétale, mais en sens inverse.

La fabrication se fait sur des métiers marchant actuellement à bras, mais qu'on peut faire fonctionner mécaniquement.

Discours prononcé par M. HATON DE LA GOUPILLIÈRE aux obsèques de de M. CHARLES DE LABOULAYE.

Machine à tailler les fraises et les engrenages, par M. BONNAZ.

Le caractère principal de cette machine, dont il est impossible de donner une description sans l'aide de figures, consiste :

1° Dans la faculté de pouvoir incliner l'outil, non seulement de gauche à droite, comme on le voit souvent, mais encore d'avant en arrière.

2° Dans l'emploi d'un guide amplifié seulement dans un sens, celui

des génératrices de la fraise, tandis que dans le sens du rayon la mesure ne change pas.

Cette disposition permet de faire suivre à des organes de machine très robustes des contours très délicats et très saillants.

Cette machine est, à proprement parler, une forte machine à fraises, applicable, en dehors du taillage des fraises, à des opérations très diverses.

Traitement de certains phosphates minéraux du type connu sous le nom de *redonda*, par M. J.-W. Williams (Traduit du *Journal of the Chemical Industry*).

Appareils pour la distillation du schiste, etc, exposés à l'International Inventions Exhibition, à Londres, par MM. Young et Beilby (traduit du *Journal of the Chemical Industry*).

Sur l'**évaluation du tannin**, par M. Bertram Hunt (Traduit du *Journal of the Chemical Industry*).

Thermomètres et Pyromètres à tension, par M. le professeur W. Dittmar (traduit du *Journal of the Chemical Industry*).

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

Avril 1886

Notice nécrologique sur M. E. Bellot, Inspecteur général des Ponts et Chaussées, Directeur des routes, de la navigation et des mines au Ministère des travaux publics, par M. M. Widmer, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Mémoire sur l'**Assainissement de Berlin**, par MM. A. Durand-Claye, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, et A. Petsche, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

La ville de Berlin, dont la population, de 1,000,000 d'habitants en nombre rond en 1880, s'est élevée à près de 1,700,000 en 1884, est dans des conditions très difficiles d'assainissement à cause de la proximité du sol de la nappe souterraine, du peu de courant de la Sprée et du climat humide et froid.

La voirie était dans un état déplorable jusqu'à ces dernières années ; aussi la mortalité y atteignait-elle, en 1871, le chiffre élevé de 39 décès par 1,000 habitants.

Le plan d'assainissement, commencé en 1874, a été achevé pour la plus grande partie en dix années.

On a adopté le système radial qui ne s'applique qu'aux villes plates et on a divisé Berlin en douze districts dont les cinq premiers établis depuis quelques années sont aujourd'hui en fonctionnement normal. Chaque district a ses égouts, ses pompes élévatoires, conduites et champs d'épuration ; toutefois, certains champs d'épuration peuvent être communs à plusieurs districts.

Les égoûts doivent donner passage aux eaux ménagères et aux eaux pluviales. Le cube des eaux ménagères a été évalué à 1 litre 545 par hectare et par seconde, ce qui suppose 127,5 litres par jour et par habitant et 785 habitants par hectare, chiffre qui n'a pas encore été atteint à Berlin. Pour les eaux pluviales, on a admis un débit de 21 litres 185 par hectare et par seconde.

Les égouts ont la forme ovoïde, à profil continu ; les conduites sont en poterie.

Les eaux amenées par les collecteurs débouchent dans un réservoir à sable circulaire destiné à arrêter les matières solides par des grilles et à la partie inférieure duquel aspirent les pompes.

La force collective des machines des cinq stations déjà établies peut atteindre 2,500 à 3,000 chevaux ; ces machines sont desservies par 33 chaudières.

Les conduites de refoulement sont formées de tuyaux en fonte de $0^{m}75$ et 1 mètre de diamètre ; elles sont munies aux sommets de ventouses destinées à laisser échapper l'air ou les gaz qui se forment à l'intérieur et dont la pression est souvent très forte ; on attache une grande importance à l'emploi de ces appareils.

A cause de la nature du terrain sableux qui repose sur une couche imperméable située à une très faible profondeur, on a dû donner aux champs d'épuration une surface considérable ; on est parti du chiffre maximum de 10,000 à 12,000 mètres cubes par hectare. La superficie totale est de 5,370 hectares dont 1,388 ne sont pas encore aménagés ; ces terrains ont coûté en moyenne 2,484 francs l'hectare.

L'aménagement a lieu de trois manières différentes :

Terrains en culture courante ;
Pâturages ;
Bassins.

Cette dernière manière ne vise que l'épuration, sans se préoccuper de l'utilisation agricole ; les eaux sont absorbées par un drainage et les matières restent sur le sol.

Le prix d'établissement des cinq premiers réseaux s'est élevé à 44,531,000 francs, non compris les champs d'épuration qui ont coûté 13,142,000 francs d'achat, plus l'appropriation dont le prix est de 450 à 500 francs l'hectare.

Les frais d'exploitation s'élèvent à 650,000 francs environ par an, ce qui représente 2 centimes par mètre cube refoulé.

Les résultats ont été très favorables.

Les habitants sont unanimes aujourd'hui à réclamer le raccordement de leurs maisons au réseau général, et on a déjà pu constater une amélioration sensible de l'état sanitaire, surtout au point de vue de la fièvre typhoïde.

En résumé, la grande question de l'assainissement d'une capitale considérable a été résolue à Berlin d'une manière tout à fait remarquable. Tout était à faire il y a quinze ans. Tout est à peu près terminé aujourd'hui ou en bonne voie de l'être.

Les matières impures vont à l'égout, s'y mêlent à des masses d'eau importantes et n'en sortent que pour se purifier en passant à travers des domaines où elles laissent la fertilité.

Note sur le **calcul du profil des murs-barrages** par M. Hetier, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Cette note est le complément d'un mémoire inséré dans les *Annales* (mai 1885) et est relative à une méthode pour calculer exactement le profil d'un mur barrage à parement intérieur vertical par la considération des sections obliques à pression maxima.

Note sur la **statique graphique** de M. Maurice Levy, par M. Flamant, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Lavage du sable pour les maçonneries du canal de Montbéliard à la Haute-Saône par M. Harlé, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Le sable employé dans ces travaux était mélangé de gravier et de limon ; le premier était séparé par criblage, mais le limon ne pouvait être enlevé que par un lavage.

Comme l'extraction se faisait au moyen de l'excavateur, on adapta à celui-ci un appareil en forme de vis d'Archimède dans lequel on introduisait de l'eau par le bas alors que les matières sableuses s'introduisait par le haut ; par le mouvement même de rotation de cet appareil, il se formait un croisement entre l'eau et le ballast, le sable propre sortait par le haut et l'eau par le bas.

L'excavateur a pu facilement draguer et laver en 12 heures 200 mètres cubes de ballast produisant 100 mètres cubes de sable ; il a fourni 17,000 mètres cubes de sable pendant la campagne 1885.

Observations sur le Mémoire de M. Du Boys, inséré dans le cahier de janvier 1886 des *Annales des Ponts et Chaussées.*

Ces observations, envoyées par un anonyme, sont relatives au fait suivant (voir comptes rendus de mars 1886, p. 312) : un bateau descendant au fil de l'eau prend une vitesse plus grande que celle du courant.

L'auteur rappelle que ce fait a été observé de tout temps et que l'explication en a toujours paru très simple. Dupuit a donné cette explication dans ses *Études sur le mouvement des eaux courantes*, page 234, dans les termes suivants :

« Considérons un corps flottant sur la surface d'un cours d'eau, il est clair qu'en vertu de la composante suivant l'inclinaison du courant, ce solide tend à prendre une vitesse accélérée, mais qui devient uniforme par suite de la résistance que lui oppose le liquide. Cette vitesse sera plus grande que la vitesse moyenne des filets qui entourent le flotteur, car il faudra que celui-ci trouve en avant une résistance capable de faire équilibre à la pression des filets qui vont plus vite que lui et à la composante suivant l'inclinaison du courant. »

La note donne également l'explication d'un second fait cité par M. Du Boys.

Un bateau à vapeur, dont la machine produit un travail déterminé, prend une vitesse de 5 mètres en eau tranquille, tandis qu'il prend une vitesse inférieure à 2 mètres quand il remonte un courant d'une vitesse de 3 mètres.

ANNALES DES MINES

1re LIVRAISON DE 1886

Note sur la **géologie du bassin houiller de Fünfkirchen,** par M. BEAUGEY, Ingénieur des Mines.

Ce bassin est situé en Hongrie, au sud de Budapest, depuis longtemps on y avait reconnu des affleurements de charbon, mais on ne songea à utiliser ce combustible que dans les premières années de ce siècle. La prospérité du bassin ne date que de 1850, époque à laquelle la Société de navigation du Danube fit l'acquisition de la plupart des mines existantes et en développa la production.

Les formations de ce bassin appartiennent au terrain permien, au

trias, au lias et au tertiaire ; on y trouve également des roches éruptives très importantes, formant trois groupes : les roches granitiques, les roches augitiques et amphiboliques sans quartz et les roches trachytiques.

Commission d'étude du grisou. — Analyse sypnotique des rapports officiels sur les **accidents de grisou en France** de 1817 à 1882, dressée au nom de la Commission par MM. PETITDIDIER et LALLEMAND, Ingénieurs des mines. Sixième fascicule.

Ce fascicule renferme les accidents survenus dans les groupes des bassins de la Bourgogne et du Nivernais, du Tarn et de l'Aveyron et de l'Auvergne.

Notice sur les **prix de revient de la traction** et sur les économies réalisées par l'application de diverses modifications aux machines locomotives, par M. Ricour, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, Ingénieur en chef du matériel et de la traction des chemins de fer de l'État.

Cette notice a déjà paru dans les *Annales des Ponts et Chaussées* et a fait l'objet d'un compte rendu dans le *Bulletin de la Société des Ingénieurs Civils* de juin 1884, page 740.

Statistique de l'Industrie Minérale de la Francc en 1885.

Il a été extrait en 1885 19,534,341 tonnes de combustibles minéraux, dont 19,098,260 de houille et anthracité et 436,081 de lignite. Le total présente sur 1884 une diminution de 489,173 tonnes.

La production de la fonte a été, en 1885, de 1,628,941 tonnes dont 1,579,176 de fonte au coke, 32,586 de fonte au bois et 17,179 de fonte mixte. Il y a une diminution de 242,596 tonnes par rapport à l'année 1884 laquelle était déjà en diminution par rapport à 1883.

Il a été produit, en 1885, 771,299 tonnes de fers, dont 662,390 tonnes de fer puddlé, 23,831 de fer affiné au charbon de bois et 85,078 tonnes de fer provenant du réchauffage de vieux fers et riblons ; dans cette dernière fabrication le département de la Seine figure à lui seul pour 38,588 tonnes, soit un peu moins de la moitié, tandis qu'en 1884, il figurait pour plus de la moitié ; cela tient à ce que cette industrie, concentrée précédemment entre deux ou trois départements, s'exerce actuellement un peu partout. Le total de la production du fer est en diminution de 105,452 tonnes sur l'année précédente, laquelle était déjà en diminution de 100,000 sur 1883. Le chiffre de production des rails en fer est, pour 1885, de 4,734 tonnes seulement contre 15,655 en 1884 et 19,214 en 1883.

Pour l'acier, la production totale en 1885 est de 527,048 tonnes dont 369,889 d'acier Bessemer, 128,399 d'acier Martin, 13,506 d'acier puddlé

et de forge, le reste se partage entre l'acier fondu au creuset et l'acier obtenu par réchauffage de vieil acier. Le total présente par rapport à l'année précédente une augmentation de 24,140 tonnes. Les rails d'acier figurent pour 356,209 tonnes, en diminution de 11,715 tonnes par rapport à l'année 1884, laquelle était déjà en diminution de 19,845 tonnes sur 1883. Il a été fabriqué 47,154 tonnes de tôles d'acier contre 40,000 en 1884 et 33,000 en 1883.

Note sur les **câbles aériens** établis entre Vajda-Hunyad et Vadadobri en Transylvanie, par MM. Bochet et Lebreton, Ingénieur des Mines.

Ces câbles sont du système Obach, de Vienne, et sont établis entre l'usine à fer de Vajda-Hunyad qui appartient au gouvernement hongrois et les centres de production du charbon de bois employé dans cette usine. La longueur totale de la ligne est de 31 kilomètres.

Elle est divisée en sections de 4 kilomètres environ, dont chacune à un moteur ; ces quatre moteurs ont une force collective de 35 chevaux. Il y a deux câbles porteurs de 26 millimètres de diamètre, un pour l'aller, l'autre pour le retour ; ces câbles sont portés sur des potences en bois placées à des distances variables en raison des accidents nombreux du profil et qui vont quelquefois jusqu'à 450 mètres.

Le transport du minerai et du charbon de bois s'opère dans des bennes pesant vides 200 kilogrammes et contenant 5 hectolitres de charbon ou 3 quintaux de minerai. Ces bennes reposent sur le câble porteur par deux petites poulies à gorge, de façon que le système entier ait son centre de gravité bien au-dessous du câble. Le câble moteur est attaché à la benne au moyen d'une sorte de pince dont il n'est pas possible de faire comprendre la disposition sans l'aide de figures et dont l'objet est de produire l'accrochage et le décrochage automatique des bennes aux stations.

Le prix de l'installation est d'environ 38,000 francs par kilomètre. On transporte par journée de 10 heures 1,600 hectolitres de charbon et 1,600 quintaux de minerai.

Ces quantités font ressortir le prix du transport à 0 fr. 108 environ par tonne kilomètrique pour le minerai et à 0 fr. 138 pour le charbon. Il y aurait à ajouter l'intérêt et l'amortissement du prix d'établissement, ainsi que les dépenses d'entretien dont on n'a pas pu se rendre compte, le système ne marchant que depuis fort peu de temps. Ces frais doivent être assez considérables, si les câbles doivent être renouvelés annuellement, comme à Bilbao.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 21. — 22 *Mai* 1886

Nouvelle drague à vapeur de Hambourg, par G. Vogeler.

Mines. — Embrasement souterrain au puits Wilhelm de la Compagnie du chemin de fer du Nord-Empereur-Ferdinand, à Polnisch-Ostrau, et emploi pour le combattre de la méthode de Bremen.

Ponts. — Ponts en fer du chemin de fer métropolitain de Berlin. — Pont de Plattsmouth.

Machines-outils. — Machines pour moulage en sable. — Machines à forger.

Groupe de Berlin. — Protection des secrets de fabrique.

Groupe de Mannheim. — Salines de Friedrichshall, à Jagstfeld. — Examen des eaux potables à Mannheim.

Groupe du Rhin moyen. —

Groupe de Thuringe. — Fours à cornues pour gaz d'éclairage.

Groupe de Wurtemberg. — Emploi des piles pour la lumière électrique. — Considérations sur l'avenir de l'électricité.

Patentes.

Bibliographie. — Analyse chimique quantitative par l'électrolyse, du docteur Alex. Classen. — Manuel de filature du coton, par Friedrich, continué par Th. Demuth et A. Just. — Moulins à vent, par Alf. Wolf. — Résistances et utilisation des navires à vapeur, de E. Rauchfuss.

Correspondance. — Théorie de la combustion dans les moteurs à gaz.

Variétés. — Lancements et essais de navires. — Chemins de fer en Allemagne pendant l'exercice 1884-85.

N° 22. — 29 *Mai* 1886

Nouvelle drague à vapeur de Hambourg, de G. Vogeler *(fin)*.

Pertes de chaleur dans les chaudières à vapeur, de J. Lüders.

Expériences sur le fonctionnement des clapets de pompes, par C. Bach *(suite)*.

Le rivetage et les machines pour l'opérer, système Prasil, par L. Vojacek.

Groupe d'Aix-la-Chapelle. — Séries métriques pour pas de vis. — Engins de sauvetage.

Groupe de Hanovre. — Chauffage par l'air chaud.

Groupe de Hesse. — Exposition universelle de 1885, à Anvers.

Groupe de Mannheim. — Séries métriques pour pas de vis. — Protection des secrets de fabrique.

Patentes.

Bibliographie. — Purgeurs d'eau de condensation, par le docteur Heinzerling.

N° 23. — 5 *Juin* 1886

Séries métriques pour pas de vis.

Résistance de l'air par le docteur G. Recknagel.

Pertes de chaleur dans les chaudières, par J. Lüders *(suite)*.

Scies circulaires.

Groupe de Berlin. — Protection des secrets de fabrique. — Appareil électrique pour niveau d'eau.

Groupe de Breslau. — Usine du Phénix, à Breslau. — Lampe de sûreté électrique de Trouvé.

Groupe du Palatinat et de Saarbruck. — Mesure du poids spécifique des gaz.

Patentes.

Bibliographie. — Établissement et entretien des chaudières à vapeur de H. von Reiche, continué par J. Reintgen. — Métallurgie par C. Balling. — Matériaux pour l'établissement et l'entretien des routes, par G. Dietrich.

Correspondance. — Diagramme des machines Compound.

N° 24. — 12 *Juin* 1886.

Machine marine à triple expansion sans condensation, de 150 chevaux, par Georg Meyer.

Résistance de l'air, par le docteur G. Recknagel *(fin)*.

Mines. — Travail mécanique des explosifs.

Groupe de Siegen. — Appareils à chauffer l'air. — Perfectionnements dans l'emploi des gaz des hauts fourneaux pour le chauffage des chaudières et des fours à chauffer l'air.

Réunion centrale des Associations de surveillance de chaudières, en Prusse.

Patentes.

Correspondance. — Machine sans foyer, de Honigmann. — Protection des secrets de fabrique. — Erreurs dans l'appréciation du tirant d'eau des navires.

Le Rédacteur de la Chronique,

A. Mallet.

TABLE DES MATIÈRES

PREMIER SEMESTRE. — ANNÉE 1886

Accidents du travail (Association parisienne des Industriels pour préserver les ouvriers des) par M. Gabriel Thareau, séance du 19 avril . . . . . 286 et 340

Alchimie (l'origine de) Analyse de l'ouvrage do M. Berthelot par M. Vlasto, séance du 18 juin 616

Banquet commémoratif du 38e anniversaire de la fondation de la Société. Toasts de MM. Hersent, de Comberousse, Eiffel, Max de Nansouty 226

Chemin de fer Métropolitain, Séance du 4 juin 586

Chronique des mois de janvier, février, mars, avril, mai et juin par M. Mallet . . . . . 80, 176, 296, 409, 553 et 680

Comptes rendus des mois de janvier, février, mars, avril, mai et juin, par M. Mallet . . . . . 90, 185, 306, 415, 567 et 691

Congrès de Navigation intérieure tenu à Vienne, par M. Fleury, séance du 4 juin 585

Décès de MM. Blanche, Coullaut, Flaud, Clair, Lancel, Sordoillet, Quéruel, Giquel, Boudard (Arthur), Laboulaye (Charles), Desnoyers, Colson, Frézard, Soupey (Gaston), Siéber, Bachelu, Renard (Lucien), Galland, Marché, Jourdain, Fellot. Séances des 8 et 22 janvier, 5 mars, 2 et 19 avril, 7 mai . . . . . 35, 36, 201, 324, 340 et 434

Décorations françaises :

LÉGION D'HONNEUR, officiers, MM. Arbel, Clémandot, Dumont, Vitali
— chevaliers, MM. Bariquand, Biarez, Marsillon (Léon), Mercier (Gustave), Michaud (Edmond), Mulat, Schabaver, Vian, Bouissou, Brunon, Boudier, Bougault, J. Fleury, Turpin, Armengaud (Ch).

OFFICIERS D'ACADÉMIE, MM. Charpentier (Paul), Géneste, Lepaute (Henri), Darnay.

Décorations étrangères :

Ordre de Bolivie. — Officiers, MM. Cacheux, Mulat, Bernstein.
Ordre du Cambodge. — Commandeurs. MM. Eiffel, Hersent.
— Officier, M. Mulat.
Ordre de la Couronne d'Italie. — Chevalier, M. Henry Lepaute.

Ordre de Léopold de Belgique. — Officier, M. Pinheiro.
— — Chevalier, M. Gobert.
Ordre de Saint-Alexandre de Bulgarie. — Officier. MM. Battaille, et Straatman.
Ordre de Henri le Lion de Suisse. — Chevalier, M. Abt.
Ordre de Takovo de Serbie. — Officier, M. Rabinel.
Séances des 8 et 22 janvier, 5 février, 2 et 19 avril, 21 mai et 18 juin . . . . . 35, 36, 113, 324, 340, 485 et 604

Discours de MM. de Comberousse et Hersent, séance du 8 janvier . 8

Distribution d'Eau, service hydraulique de la ville de Genève, médaille commémorative, par M. Colladon, séance du 18 juin 617

Eaux d'égout, évacuation des vidanges (Traitement des) par M. Lemanchez, séance du 5 février 122

Éducation pratique des Ingénieurs mécaniciens, association des anciens élèves de l'Ecole Polytechnique de Zurich par M. Paur, séance du 19 mars 235

Électricité dynamique au transport et à la distribution automatique de l'énergie *sous ses principales formes, chaleur, lumière, électricité, action chimique, action mécanique.* (Principes théoriques et les conditions techniques de l'application de l') par M. Cabanellas, séances des 19 mars et 7 mai . . . . . 236 et 435

Exposition universelle (Considérations générales sur la) par M. Lavezzari, concours, séances des 5 mars, 4 juin . . . . . 207 et 582

Exposition d'hygiène urbaine, par M. Trélat, séance du 18 juin. 613

Fer et de l'acier (Analyse du mémoire de M. Considère sur l'emploi du), par M. Berton, séance du 19 avril . . . . . 262 et 343

Grève de Decazeville, *mort de M. Watrin,* par M. Jules Garnier, séances des 5 et 19 février . . . . . 119 et 141

Hélices propulsives et leur construction (Considérations générales sur le mode d'action des), par MM. Gouilly et de Bruignac, séances des 19 février et 5 mars et mémoire . . . . . 147, 162 et 200

Hôtel des Postes (Nouvel), mémoire par M. Guadet 515

Installation des Membres du Bureau et du Comité, séance du 8 janvier. 8

Laboratoire central d'électricité, par M. Max de Nansouty, séance du 19 février. 139

Locomotive à grande vitesse système Crampton, par M. Brüll, séance du 5 mars. 204

Marché du travail (Sur l'organisation du) par M. Georges Salomon séance du 4 juin. . . . . 588 et 666

Matériel roulant à grande vitesse de M. Estrade par M. Max de Nansouty, séance du 21 mai. 485

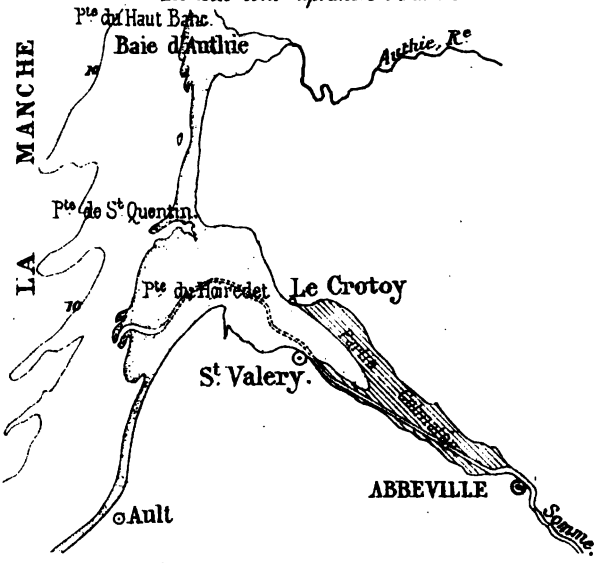
Médaille d'or décernée à M. Berthot pour son mémoire sur les forces mutuelles et de leurs applications aux phénomènes mécaniques, physiques et chimiques, séance du 18 juin 608

Membres nouvellement admis . . . . . 7, 112, 199, 323 et 433
Moteurs à air raréfié (Lettre de M. Mékarski), séance du 4 juin . 583
Murs de soutènement, *chemin de fer de Mazamet à Bédarieux*, par M. Leygue, séance du 5 février 115
Notice Nécrologique de M. Félix Le Blanc, par M. Max de Nansouty, séance du 19 mars 231
Ponts démontables par M. Eiffel, séance du 19 février 161
Pont Route Luiz Ier (Double), construit sur le Douro par M. Seyrig, séance du 22 janvier . . . . . 37 et 38
Port du Havre et dans l'estuaire de la Seine (Améliorations à apporter dans le) par MM. de Coene et Le Brun, séances des 2 avril et 21 mai, 4 juin, mémoires . . . . . 230, 345, 493, 592 et 618
Poussée des Terres et le profil de revêtement la plus économique (Nouvelle méthode sur la), par M. Leygue, séance du 22 janvier 36
Publications périodiques reçues par la Société 101
Règle logarithmique aux calculs de terrassements (Emploi de la) par M. Le Brun Raymond, séance du 18 juin. 608
Réglement de la Société, reproduction des publications de la Société, séances des 19 février et 5 mars . . . . . 145 et 221
Sautage des grosses mines, séance du 8 janvier 34
Sécurité des voyageurs en chemin de fer, lettre de M. Don Pedro Ribera, MM. Armengaud, Boudenoot, Doux, séances des 5 février, 5 et 19 mars, 2 avril et 18 juin . . . . 114, 202, 232, 324 et 614
Service hydraulique de la ville de Genève. Médaille commémorative par M. Colladon, séance du 18 juin 617
Situation financière de la Société par M. Hallopeau, trésorier, séance du 18 juin. 604
Souscription Pasteur, séance du 2 avril 340
Tarif de chemin de fer, par MM. Jules Garnier, H. Mathieu et Deharme, séance du 19 février. 141
Trésorier honoraire, M. Loustau, séance du 5 février, ... 113

PARIS. — IMPRIMERIE CHAIX, 20, RUE BERGÈRE. — 15517-6.

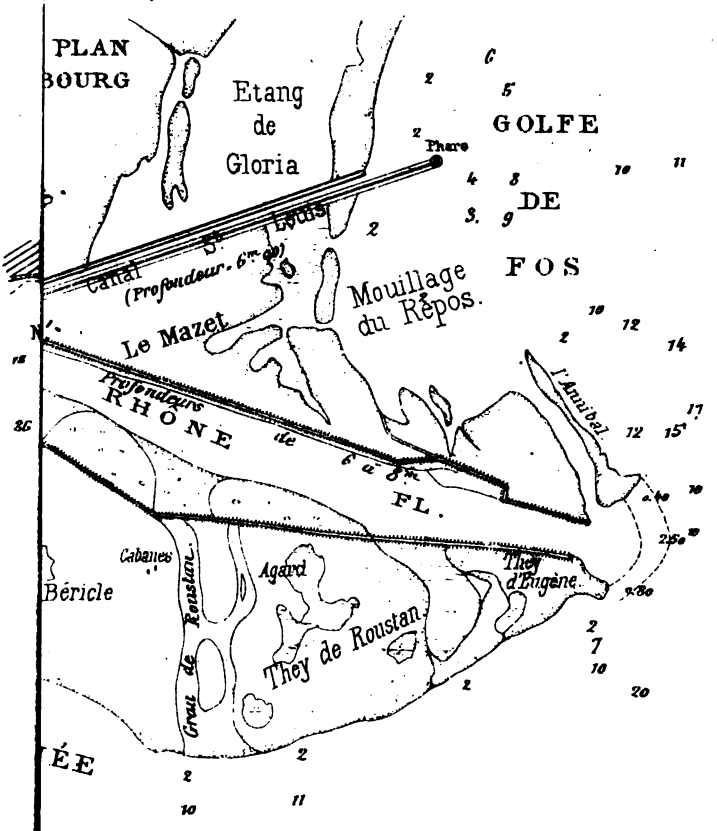
Fig. 9. Embouchure de la Somme. $\left(\frac{1}{500\,000}\right)$

Les cotes sont exprimées en mètre.



bouchures du Rhône. $\left(\frac{1}{80.000}\right)$

es sont exprimées en mètres.



ourbes des stuaire de la Seine

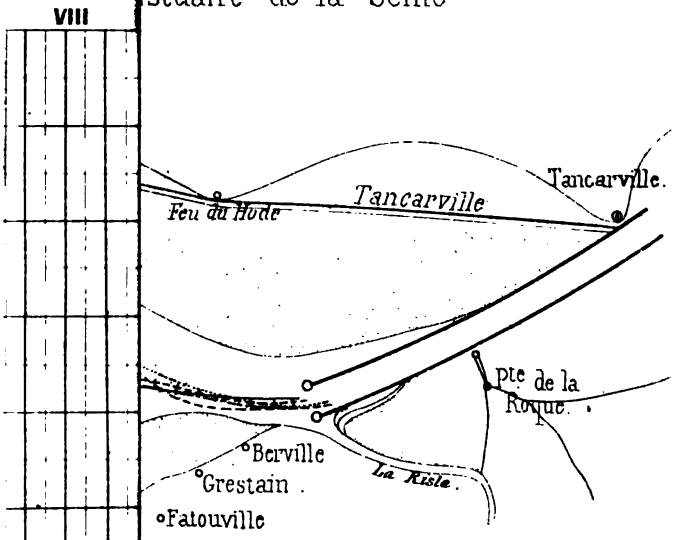


Fig. 16 SEINE. Lieux géométriques des h^tes et b^ses mers
Maree de VE du 19 Sept 1876 *(coeff^t 107)*.
Marée de ME du 26 Sept. 1876 *(coeff^t 25)*.

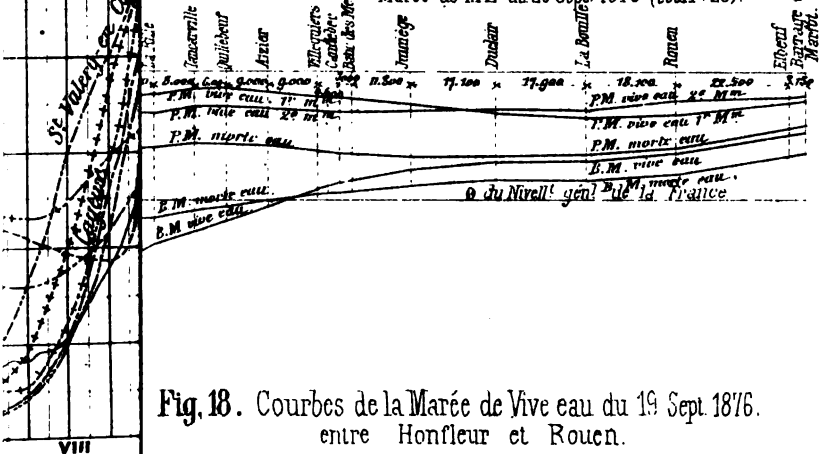
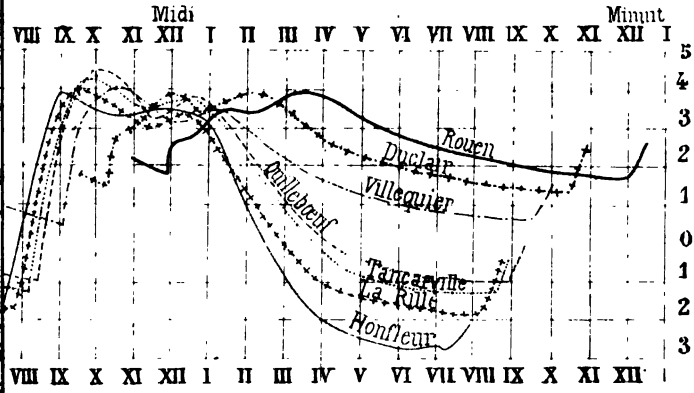


Fig. 18. Courbes de la Marée de Vive eau du 19 Sept 1876.
entre Honfleur et Rouen.



Auto. Imp. A. Broise & Courtier, 48, r. de Dunkerque.